

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*на правах рукописи*



**АЛФЕРОВА ЕКАТЕРИНА ЮРЬЕВНА**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ ГУМИНОВЫХ  
ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ГИДРОЗОЛЯ АКТИВИРОВАННОГО  
ТОРФА В УСЛОВИЯХ АГРОБИОЦЕНОЗОВ**

1.5.15 – Экология (биологические науки)

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

**Научный руководитель:**  
Кандидат химических наук  
**Косолапова Н.И.**

Курск – 2021

## Содержание

<b>Введение</b> .....	5
<b>Глава 1. Применение нетрадиционных гуминовых препаратов в условиях агробиоценозов как современный тренд</b> .....	11
<b>1.1. Особенности строения и свойств гуминовых веществ, обуславливающие преимущества их использования в составе нетрадиционных биопрепаратов</b> .....	11
<b>1.1.1. Строение, свойства и функции гуминовых веществ</b> .....	11
<b>1.1.2. Гуминовые вещества как регуляторы продукционного процесса растений в условиях агробиоценозов</b> .....	21
<b>1.1.3. Использование гуминовых веществ при компостировании растительных отходов</b> .....	27
<b>1.2. Особенности сырья и основные способы получения гуминовых препаратов</b> .....	33
<b>1.3. Ультразвуковая кавитационная обработка как перспективный способ активации сырья для получения нетрадиционных гуминовых препаратов</b> ...	40
<b>Глава 2. Объекты и методы исследований</b> .....	45
<b>2.1. Объекты исследований (нетрадиционные гуминовые препараты на основе гидрозоля активированного торфа)</b> .....	45
<b>2.2. Исследование возможности применения нетрадиционных гуминовых препаратов в качестве экологически безопасных стимуляторов роста и развития растений методами лабораторного фитотестирования</b> .....	47
<b>2.2.1. Лабораторное фитотестирование препарата «Cavita Biocomplex» с использованием семян различных тест-культур</b> .....	47
<b>2.2.2. Выявление оптимального рабочего диапазона концентраций растворов препарата «Cavita Biocomplex» для обработки растений методом двухэтапного фитотестирования</b> .....	49
<b>2.3. Исследование возможности применения нетрадиционных гуминовых препаратов на основе гидрозоля активированного торфа для</b>	

экологически безопасного и ресурсосберегающего увеличения продуктивности растений в полевых условиях.....	51
<b>2.3.1.</b> Изучение влияния нетрадиционных гуминовых препаратов на продуктивность и некоторые морфобиологические показатели урожайности озимой пшеницы в микрополевым опыте.....	51
<b>2.3.2.</b> Изучение влияния базового препарата серии на основе гидрозоля активированного торфа на продуктивность растений и пути ее формирования в производственном опыте.....	57
<b>2.3.3.</b> Оценка возможности экологически обоснованного воздействия нетрадиционным гуминовым биопрепаратом на агроэкосистему при интенсивном возделывании сельскохозяйственных растений.....	58
<b>2.3.3.1.</b> Почвенно-климатические условия района исследований.....	59
<b>2.3.3.2.</b> Схема разработки отдельных элементов технологии интенсивного возделывания пшеницы с применением биопрепарата на основе гидрозоля активированного торфа.....	66
<b>2.3.3.3.</b> Методика экономической оценки эффективности вариантов технологии возделывания озимой пшеницы с применением нетрадиционного экологически безопасного препарата.....	74
<b>2.4.</b> Методика оценки возможности использования нетрадиционных гуминовых препаратов для утилизации органических отходов.....	76
<b>Глава 3. Результаты исследования возможности применения нетрадиционных гуминовых препаратов для регулирования продукционного процесса растений в условиях агробиоценозов и скорости разложения органических отходов.....</b>	<b>78</b>

<b>3.1.</b> Возможность применения нетрадиционных гуминовых препаратов на основе гидрозоля активированного торфа в качестве экологически безопасных стимуляторов роста и развития растений.....	78
<b>3.1.1.</b> Результаты лабораторного фитотестирования биопрепарата «Cavita Biocomplex».....	78
<b>3.1.2.</b> Результаты выявления оптимального рабочего диапазона концентраций растворов препарата «Cavita Biocomplex» для обработки растений методом двухэтапного фитотестирования.....	81
<b>3.2.</b> Возможность применения нетрадиционных гуминовых препаратов на основе гидрозоля активированного торфа для экологически безопасного и ресурсосберегающего увеличения продуктивности растений.....	83
<b>3.2.1.</b> Влияние нетрадиционных гуминовых препаратов на продуктивность и некоторые морфобиологические показатели урожайности озимой пшеницы.....	83
<b>3.2.2.</b> Влияние базового препарата серии на основе гидрозоля активированного торфа на продуктивность растений в агроценозе озимой пшеницы и пути ее формирования.....	89
<b>3.2.3.</b> Результаты оценки возможности экологически обоснованного воздействия нетрадиционным гуминовым биопрепаратом на агроэкосистему при интенсивном возделывании сельскохозяйственных растений.....	91
<b>3.2.4.</b> Результаты экономической оценки эффективности вариантов технологии возделывания озимой пшеницы с применением нетрадиционного экологически безопасного препарата.....	97
<b>3.3.</b> Результаты оценки возможности использования нетрадиционных гуминовых препаратов для утилизации органических отходов.....	98
<b>Выводы.....</b>	102
<b>Список литературы.....</b>	105
<b>Приложения.....</b>	131

## Введение

**Актуальность темы исследования.** Разработка принципов и практических мер, направленных на охрану живой природы на уровне агроэкосистем, предполагает создание принципиально новых экономичных и экологически безопасных технологий воздействия на растения на видовом уровне с целью повышения их продуктивности. В качестве таких мер можно считать перспективными получение и применение препаратов на основе биологически активных веществ, например фульво- и гуминовых кислот, выделенных из природного сырья без применения химических реагентов.

В настоящее время большую популярность приобретают гуминовые препараты, получаемые на разной основе (бурых углей, отходов деревоперерабатывающей промышленности, торфов, и т.д.). Они производятся в основном путем щелочного извлечения гумусовых кислот из состава сырья и, как правило, обогащаются минеральными компонентами. В последнее время для повышения эффективности извлечения целевых компонентов в процессе производства гуминовых препаратов применяются различные технологические приемы активации сырья. Перспективной технологией активации при получении гуминовых препаратов можно считать ультразвуковую кавитационную диспергацию сырья в водной среде при высоком статическом давлении. К преимуществам данной технологии относятся: возможность отказа от использования химических реагентов в процессе производства, увеличение доступности гумусовых кислот за счет высокой степени диспергации при сохранении невысокого уровня кислотности готовых гуминовых препаратов.

Особенности действия новых препаратов, получаемых путем ультразвуковой кавитационной обработки торфов в водной среде при высоком статическом давлении на почвенное плодородие и продуктивность растений в условиях агробиоценозов практически не изучены [85; 144; 178], а следовательно, не оценена возможность их применения для создания

экологически безопасных, высокоэффективных и ресурсосберегающих технологий регулирования продукционного процесса растений, утилизации органических отходов, повышения плодородия почв и т.д.

**Цель исследования:** оценить возможность применения нетрадиционных гуминовых препаратов на основе гидрозоля активированного ультразвуковой кавитационной диспергацией торфа для регулирования продукционного процесса растений в условиях агробиоценозов и скорости разложения органических отходов.

**Задачи исследования:**

1. Выявить возможность применения нетрадиционных гуминовых препаратов на основе гидрозоля активированного торфа в качестве экологически безопасных стимуляторов роста и развития растений в лабораторных условиях.

2. Оценить возможность применения нетрадиционных гуминовых препаратов на основе гидрозоля активированного торфа для экологически безопасного и ресурсосберегающего увеличения продуктивности растений в условиях агробиоценозов в полевом эксперименте.

3. Рассмотреть возможности использования нетрадиционных гуминовых препаратов для утилизации органических отходов.

**Объектом исследований** является применение нетрадиционных гуминовых препаратов в условиях агробиоценозов.

**Предмет исследования** – применение нетрадиционных гуминовых препаратов на основе гидрозоля активированного ультразвуковой кавитационной диспергацией торфа без применения химических реагентов в условиях агробиоценозов.

**Научная новизна.** Впервые рассмотрены особенности действия новых препаратов, получаемых путем ультразвуковой кавитационной обработки торфов в водной среде при высоком статическом давлении, на продуктивность растений в условиях агробиоценозов и оценена возможность их применения для создания экологически безопасных, ресурсосберегающих

технологий регулирования продукционного процесса растений и утилизации органических отходов.

Показано, что применение нетрадиционных гуминовых препаратов способствует значимому повышению продуктивности озимой пшеницы, которое обеспечивается не только способностью препаратов стимулировать процессы роста и развития растения, но и способностью влиять на процессы усвоения (поглощения) макро- и микроэлементов из почвенной среды, повышая их эффективность. Все это приводит к увеличению числа колосоносных стеблей, размера и массы зерен, положительно влияет на качество урожая.

Продемонстрирована принципиальная возможность предотвратить потенциальные негативные последствия складирования многотонных жомовых отходов путем их компостирования с применением сопутствующих стимулирующих процесс гумификации добавок, в том числе ресурсосберегающих и инновационных.

### **Положения диссертации, выносимые на защиту**

1. Нетрадиционные гуминовые препараты на основе гидрозоля, активированного при помощи ультразвуковой кавитационной диспергации торфа, оказывают стимулирующее влияние на рост и развитие культурных растений и могут применяться для регулирования их продукционного процесса в условиях агробиоценозов

2. Положительные эффекты от воздействия гидрозоля активированного торфа на продукционный процесс растений озимой пшеницы сопоставимы с эффектами, достигаемыми при применении повышенных доз минеральных удобрений. При этом не происходит накопления минеральных форм азота в зерне.

3. Нетрадиционные гуминовые препараты действуют на весь биотоп, что, вероятно, выражается в активизации физиологических процессов в растениях, в результате чего интенсифицируется рост и развитие растений, повышается эффективность усвоения (поглощения) макро- и микроэлементов

из почвенной среды. Все это приводит к увеличению числа колосоносных стеблей, размера и массы зерен, положительно влияет на качество урожая озимой пшеницы.

4. Нетрадиционные гуминовые препараты на основе гидрозоля активированного торфа могут применяться для экологически безопасного и ресурсосберегающего увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур при их интенсивном возделывании.

5. Нетрадиционные гуминовые препараты могут выступать в качестве экологически безопасной добавки, стимулирующей скорость разложения органических отходов путем их компостирования, позволяющей переводить их в органические биоудобрения.

**Теоретическая и практическая значимость.** Исследования направлены на расширение и углубление знаний о воздействии гуминовых препаратов на агроэкосистему. Выявлены пути влияния нетрадиционных гуминовых препаратов на продукционный процесс растений через повышение эффективности усвоения макро- и микроэлементов из почвенной среды растениями.

Полученные данные стали основой для подготовки и практического внедрения рекомендаций по использованию нетрадиционных гуминовых препаратов при интенсивном возделывании сельскохозяйственных растений для регулирования их продуктивности в условиях агроценозов.

Выявлен перспективный вариант компостной смеси, обеспечивающий выраженную интенсификацию разложения свекловичного жома, содержащий в качестве экологически-безопасной ресурсосберегающей добавки нетрадиционный гуминовый препарат на основе гидрозоля активированного торфа и вермикомпоста.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.** Тема диссертационной работы соответствует паспорту специальности 1.5.15 – Экология (биологические науки), поскольку изучение возможности применения нетрадиционных гуминовых препаратов на основе гидрозоля

активированного ультразвуковой кавитационной диспергацией торфа для регулирования продукционного процесса растений в условиях агробиоценозов и скорости разложения органических отходов отвечает задачам прикладной экологии в части разработки принципов создания искусственных экосистем (агроэкосистем) и управления их функционированием. Также изучалось влияние антропогенных факторов на экосистемы различных уровней с целью разработки экологически обоснованных воздействий на экосистемы без внесения синтетических агрохимикатов.

**Степень достоверности работы.** Обоснованность и достоверность результатов подтверждается большим объемом экспериментального материала, полученного при проведении полевых и лабораторных экспериментов, обработанных современными методами математической статистики с использованием персональных компьютеров и специальных программ STAT, Excel.

**Апробация.** Диссертационная работа является результатом 5-летних исследований. Основные положения диссертационной работы были доложены и обсуждены на Международных, Всероссийских, Межрегиональных научных конференциях и форумах, основные из которых: Международная научно-практическая конференция «Закономерности и тенденции развития науки» (*Уфа, 2014*); Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием, посвященная 60-летию образования кафедры химии КГУ (*Курск, 2015*); V международный экологический конгресс (VII Международной научно-технической конференции) «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ELPIT 2015», (*гг. Самара – Тольятти, 2015*); Международная научно-практическая Интернет-конференции «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования» (*с. Соленое Займище, Астраханская область, 2016*); Международная научно-практическая конференция с

международным участием Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева» «Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия» (*Курск, 2016, 2017, 2018*) и «Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия» (*Курск, 2019*); Всероссийская научно-практическая конференция (с международным участием) «Проблемы и перспективы развития сельского хозяйства юга России», (Майкоп, 2018); Международная научно-экологическая конференция «Отходы, причины их образования и перспективы использования» (*Краснодар, 2019*).

**Публикации.** По результатам исследований опубликовано 15 печатных работ, из них в 4 – в изданиях, рекомендованных ВАК.

**Личное участие автора** составляет около 75%. Все эксперименты проведены при непосредственном участии автора. Отбор почвенных и растительных образцов, а также большинство лабораторных исследований проведены автором диссертации.

**Структура и объем работы.** Содержание диссертационной работы изложено на 137 страницах текста. Состоит из введения, 3 глав, выводов, списка литературы и приложения. Содержит 25 таблиц и 26 рисунка. Список литературы включает 231 источников, из которых 43 – на иностранных языках.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую признательность и искреннюю благодарность за постоянное внимание к работе и неоценимую помощь в проведении исследований своему научному руководителю, кандидату химических наук, старшему научному сотруднику НИЛ экомониторинга КГУ Косолаповой Наталье Игоревне. Особую благодарность автор выражает доктору сельскохозяйственных наук, профессору, главному научному сотруднику НИЛ экомониторинга КГУ Проценко Е.П. за консультационную помощь, за помощь в лабораторных исследованиях, а также сотрудникам кафедры биологии и экологии КГУ и соавторам многих работ Неведрову Н.П., Мирошниченко О.В. за внимание и помощь в работе.

## **ГЛАВА 1. Применение нетрадиционных гуминовых препаратов в условиях агробиоценозов как современный тренд (обзор литературы)**

### **1.1. Особенности строения и свойств гуминовых веществ обуславливающие преимущества их использования в составе нетрадиционных биопрепаратов**

Высокая биологическая активность и разнообразие проявляемых свойств гуминовых веществ (ГВ) как сложной смеси макромолекул переменного состава и нерегулярного строения, образующихся в результате процессов гумификации и минерализации, определяет перспективность создания и применения новых гуминовых препаратов (ГП) в ресурсосберегающих технологиях регулирования продукционного процесса растений, утилизации органических отходов, повышения плодородия почв и т.д. Создание новых нетрадиционных гуминовых препаратов возможно только с развитием инновационных «зеленых» технологий активации сырьевых компонентов и нацелено на увеличение доступности малорастворимых гуминовых кислот (ГК) при исключении перевода их в гуматы с использованием щелочных химических реагентов.

#### **1.1.1. Строение, свойства и функции гуминовых веществ**

Термин «гуминовые вещества» (Huminstoffe) происходит от латинского “humus”, что в переводе на русский означает “земля” или “почва”, и был введен в 1786 году немецким химиком Ф. Ахардом при описании способа выделения гуминовой кислоты из торфа [189].

Гуминовые вещества – это сложные соединения, которые являются основным органическим компонентом почвы. Помимо почв, обнаруживаются также в природных водах [24; 203; 204; 218; 223], углях, торфах [69; 104; 183; 221], в донных отложениях морей и океанов [81; 170].

Гуминовые соединения образуются в результате процесса гумификации, который протекает по принципу естественного отбора. Это связано с тем, что параллельно с процессом гумификации протекает и процесс минерализации, поэтому в процесс синтеза данных соединений вступают наиболее устойчивые к разложению структуры. В результате получается стохастическая, вероятностная смесь молекул, в которой ни одно из соединений не тождественно другому.

Гуминовые вещества – это сложные системы высокомолекулярных органических соединений природного происхождения, представляющие собой полифункциональные структуры ароматической, алициклической и гетероциклической природы, замещенные алкильными цепями с различными функциональными группами [225]. Сложность строения гуминовых веществ вызвана различными факторами и условиями их формирования. Способы, которые применяются для извлечения гуминовых веществ из природных объектов, оказывают существенное влияние как на их состав, так и на свойства [199].

И.В. Тюрин на основе полученных данных в ходе исследования ГВ разработал классификацию гуминовых веществ, основанную на их растворимости в кислотах и щелочах, и все последующие исследования придерживались этой схемы. Согласно этой классификации, гуминовые вещества подразделяют на три группы:

- гуминовые кислоты (ГК) – группа, растворимая в щелочах и нерастворимая в кислотах (при  $\text{pH} < 2$ );
- фульвокислоты (ФК) – группа, растворимая и в щелочах, и в кислотах;
- гумин – неизвлекаемый остаток, не растворимый ни в щелочах, ни в кислотах [174].

Для гуминовых и фульвокислот часто применяют обобщающий термин «гумусовые кислоты». Это наиболее подвижная и реакционноспособная компонента гуминовых веществ, активно участвующая в природных

химических процессах. Выделяют также гиматомелановые кислоты (ГМК), представляющие собой группу гумусовых кислот, растворимых в этаноле [4]. По мнению Д.С. Орлова доля гиматомелановых кислот в составе гуминовых веществ различных природных источников весьма невелика [135].

В таблице 1 представлен средний элементный состав гумусовых кислот.

**Таблица 1** – Средний элементный состав гумусовых кислот  
(Кононова М.М., 1963)

Вещество	Содержание, % масс.				
	С	Н	О	N	S
Гуминовые кислоты (ГМ)	52,0-62,0	3,0-5,5	30,0-33,0	3,5-5,0	0,5-2,5
Фульвокислоты (ФК)	44,0-49,0	3,5-5,0	44,0-49,0	2,0-4,0	0,5-1,5
Гиматомелановые кислоты (ГМК)	58,0-64,0	2,5-8,0	25,0-35,0	2,0-2,5	0,5-1,5

Различия природных условий и образования гумусовых кислот обуславливает варьирование содержания основных элементов в их составе. Однако выделяются определенные закономерности в элементном составе гумусовых кислот, так, содержание углерода ГК в среднем выше, чем ФК, относительно содержания кислорода прослеживается обратная зависимость, ГМК характеризуются максимальным содержанием углерода и минимальным кислорода, наибольшее содержание азота присуще ГК. Помимо основных элементов (С, Н, О, N, S) в составе гумусовых кислот практически всегда также присутствуют фосфор, кремний, кальций и микроэлементы [29; 156].

Гумусовые кислоты (ГФК) – это не индивидуальные соединения постоянного состава, а сложная смесь макромолекул переменного состава и нерегулярного строения, к которой неприменимы законы классической термодинамики и теории строения вещества. В отличие от индивидуальных органических соединений, характеризующихся единственным значением молекулярной массы (ММ), гумусовые кислоты полидисперсны, то есть обладают набором молекулярных масс. Поэтому их характеризуют

молекулярно-массовым распределением (ММР), на основании которого рассчитывают среднюю ММ [29; 156].

В зависимости от способа усреднения получают три вида молекулярных масс: среднечисловую ( $M_n$ ), средневесовую ( $M_w$ ) и z-среднюю ( $M_z$ ) [130]. Для расчета среднечисловой ММ производят усреднение по числу молекул в полимере:

$$\overline{M}_n = \frac{\sum n_i M_i}{\sum n_i}$$

где  $n_i$  – число  $i$ -тых молекул с молекулярной массой  $M_i$ .

Для расчета средневесовой ММ производят усреднение по массе молекул в полимере и рассчитывают ее по следующей формуле:

$$\overline{M}_w = \frac{\sum n_i M_i^2}{\sum n_i M_i},$$

z-среднюю ММ рассчитывают по следующей формуле:

$$\overline{M}_z = \frac{\sum n_i M_i^3}{\sum n_i M_i^2}$$

Если в монодисперсных системах все способы усреднения приводят к получению одной и той же величины молекулярной массы, то в полидисперсных системах выполняется соотношение:  $M_z > M_w > M_n$ , при этом отношение  $M_w/M_n$  используется как показатель полидисперсности. Для характеристики гумусовых кислот наиболее часто используют их средневесовую молекулярную массу. Величины молекулярных масс гумусовых кислот (ГФК), определяемые различными авторами, лежат в широком диапазоне значений – от сотен до миллионов Дальтон. При этом определяемая величина существенно зависит от метода определения [130]. Для определения ММ гуминовых веществ используют целый ряд методов [220]: светорассеяние, гель-проникающую хроматографию, ультрацентрифугирование, вискозиметрию и методы, основанные на измерении коллигативных свойств. Для каждого из способов характерны

свои особенности. Молекулярные массы гумусовых кислот лежат в диапазоне 3-20 кДа. Найдено, что полидисперсность ГФК составляет от 1,5 до 6,6, при этом минимальные значения характерны для фульвокислот, а максимальные – для гуминовых кислот.

Орлов выделяет целый ряд биосферных функций гуминовых веществ (рис.1) [127; 129; 131; 132; 134].



**Рисунок 1** – Биосферные функции гуминовых веществ

Ввиду огромного значения функций ГВ и необходимости дальнейшего рассмотрения механизмов и компонентов, ответственных за их выполнение, следует подробно остановиться на предполагаемой структуре гуминовых веществ и фракций, входящих в их состав.

Все гуминовые соединения характеризуются элементным составом, принципиально отличным от живого органического вещества. Обычно под

элементным составом гуминовых кислот понимают состав их органической части, то есть количество атомов углерода, водорода, кислорода, азота, серы. Однако помимо органической части, в состав гуминовых кислот входит и неорганическая часть, которая состоит из зольных элементов (преимущественно ионов металлов, оксидов кремния и алюминия) и гигроскопической влаги. Поэтому в общем виде брутто-формулу гуминовых кислот записывают следующим образом [129]:  $C_m H_n O_z N_p S_q M_l (Al_2O_3)_r (SiO_2) \times (H_2O)_y$ , где М – ионы металлов; m, n, z, p, q, l, r, x, y – стехиометрические коэффициенты.

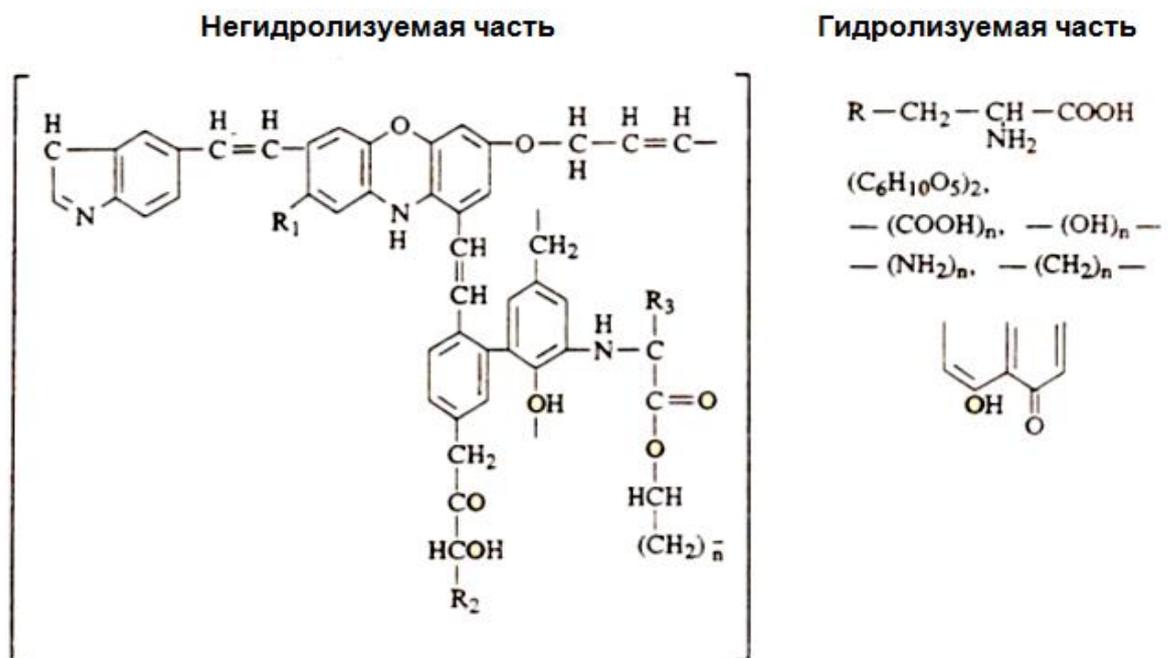
Различными авторами [88; 127; 196; 198; 202; 220; 228] поднимался вопрос о структурных формулах гуминовых кислот. Наибольшую известность получили формулы, разработанные В. Фуксом, С.С. Драгуновым, В.И. Касаточкиным, Т.А. Кухаренко, Е.В. Раковским, Г. Фелбеком, В. Фляйгом, Д.С. Орловым, И.Д. Комиссаровым и Л.Ф. Логиновым [88].

Рядом авторов [208; 214; 219] в процессе установления молекулярного строения ГВ разработано несколько гипотетических моделей, характеризующих гуминовые кислоты. Мономолекулярные фракции гуминовых веществ получить не удалось, поэтому при создании формул гуминовых соединений можно смоделировать лишь структурную ячейку, представляющую собой минимальную по размеру часть молекулы, которая содержит все важнейшие структурные фрагменты [134].

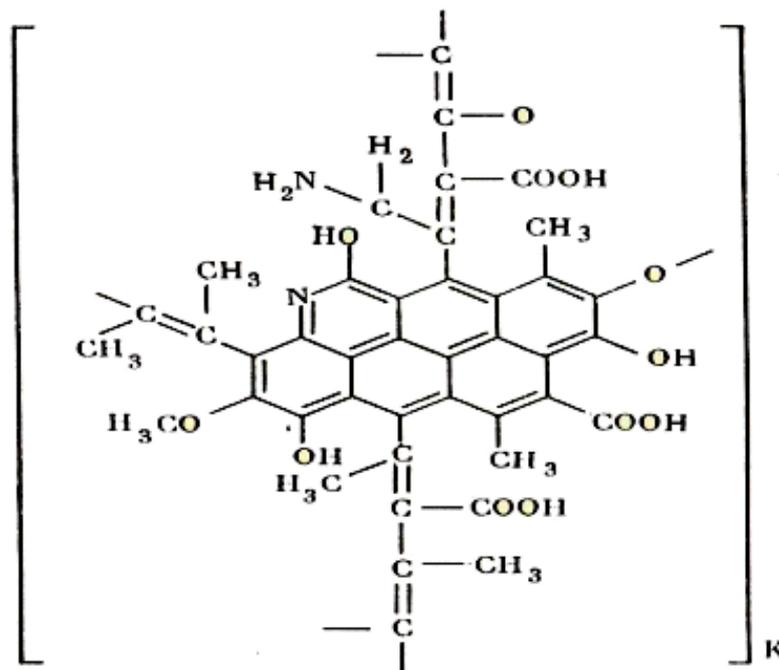
Рассмотрим две формулы, предложенные Д.С. Орловым [127] и И.Д. Комиссаровым и Л.Ф. Логиновым [89]. Характерной особенностью данных формул является положение о том, что они выражают сугубо статистические [131] представления о составе молекул (рис.2 и рис.3). Согласно наиболее общим представлениям в основе обеих формул лежит концепция о двучленности состава макромолекулы кислот: хорошо гидролизуемая периферическая часть и негидролизуемая ядерная.

Негидролизуемая часть представлена ароматическими фрагментами с различными функциональными группами: карбоксильными, альдегидными, метокси-, amino- и амидогруппами, спиртовыми и фенольными гидроксилами. В состав гидролизуемой части, ковалентно связанной с каркасной, входят моно- и полисахариды, полипептиды, аминокислоты, в незначительных количествах могут содержаться жирные кислоты и другие соединения.

Основным различием в представленной Д.С. Орловым структурной ячейке ГК чернозема и схеме отдельного фрагмента ГК, предложенной И.Д. Комиссаровым и Л.Ф. Логиновым, является представление о составе негидролизуемой части молекулы. По Орлову она представлена слабо конденсированными ароматическими фрагментами (не более 2-3), сопряженными  $-C=C-$  мостиками, при этом в состав входят как азот, так и кислород содержащие гетероциклы. В формуле, предложенной Комиссаровым и Логиновым, негидролизуемая часть представлена большим числом взаимно сопряженных ароматических колец с включением гетероциклов.



**Рисунок 2** – Схема строения структурной ячейки гуминовой кислоты чернозем, по Д. С. Орлову (Орлов, 1993)

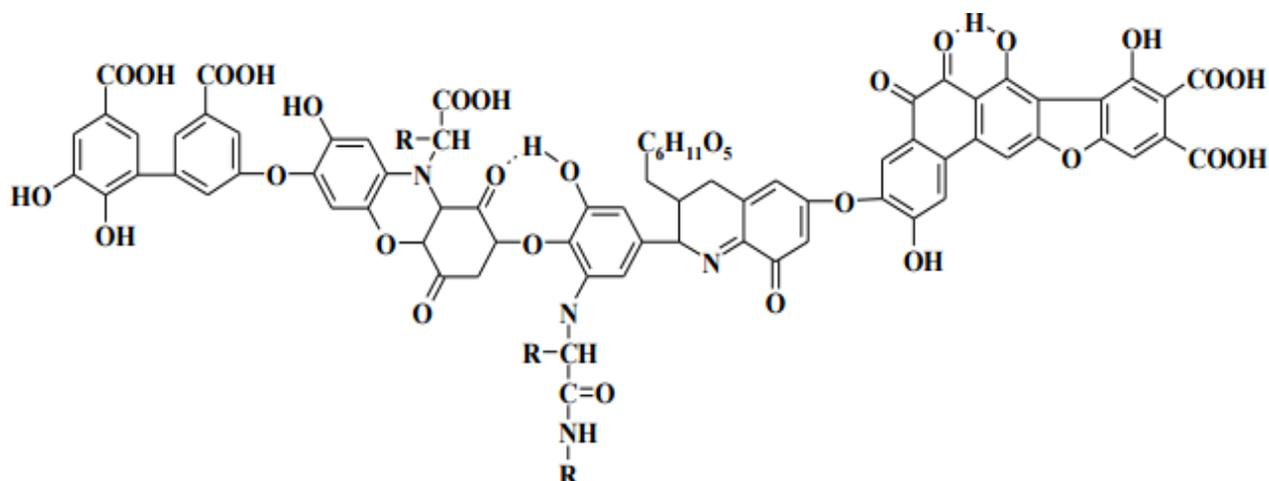


**Рисунок 3** – Схема отдельного фрагмента гуминовой кислоты  
(Комиссаров, Логинов, 1993)

Судить о составе молекул ГВ следует посредством дробления более крупных молекул, это достигается при помощи двух типов окисления [134]: относительно мягкое – гидролиз растворимых кислот и щелочей; жесткое – окисление ГВ растворами марганцевокислого калия или окисью меди. Отделившись от молекулы ГВ, при гидролизе в раствор переходят низкомолекулярные фрагменты, моносахариды и аминсахара. Аминокислот бывает от 17 до 22, все они альфа-аминокислоты, те же, что есть в растениях, бактериальной плазме, причем примерно в тех же соотношениях.

С физиологической точки зрения особую важность представляет тот набор функциональных групп, который входит в состав молекул ГВ. Так, по данным Т.А. Кухаренко [98], для многих образцов ГК получены следующие колебания кислородосодержащих групп (в мг-экв/г): карбоксильных 2-5, фенольных гидроксидов 2,5-5, хиноидных групп 0,5-3, карбоксильных групп кетонов 0,6-4, карбонильных групп альдегидов 0,2-1,5. Также данные ИК-спектromетрии подтверждают наличие  $\text{C}=\text{C}$ - связей, что говорит о наличии ароматических ядер.

Однако наиболее широкое распространение получила гипотетическая модель гуминовой кислоты по Ф. Стивенсону (рис. 4) [219].



**Рисунок 4** – Схема строения структурной ячейки гуминовой кислоты, по Ф. Стивенсону (1993)

Согласно его гипотезе [219], молекула гуминовой кислоты включает в себя бензольные кольца с карбоксильными и фенольными группами, азотсодержащие гетероциклы, хиноидные структуры, и все они связаны между собой мостиками через азот и кислород. Анализ современных литературных источников показал, что гуминовые вещества можно также рассматривать с точки зрения супрамолекулярной теории, в отличие от классической макромолекулярной полимерной [194; 197; 209].

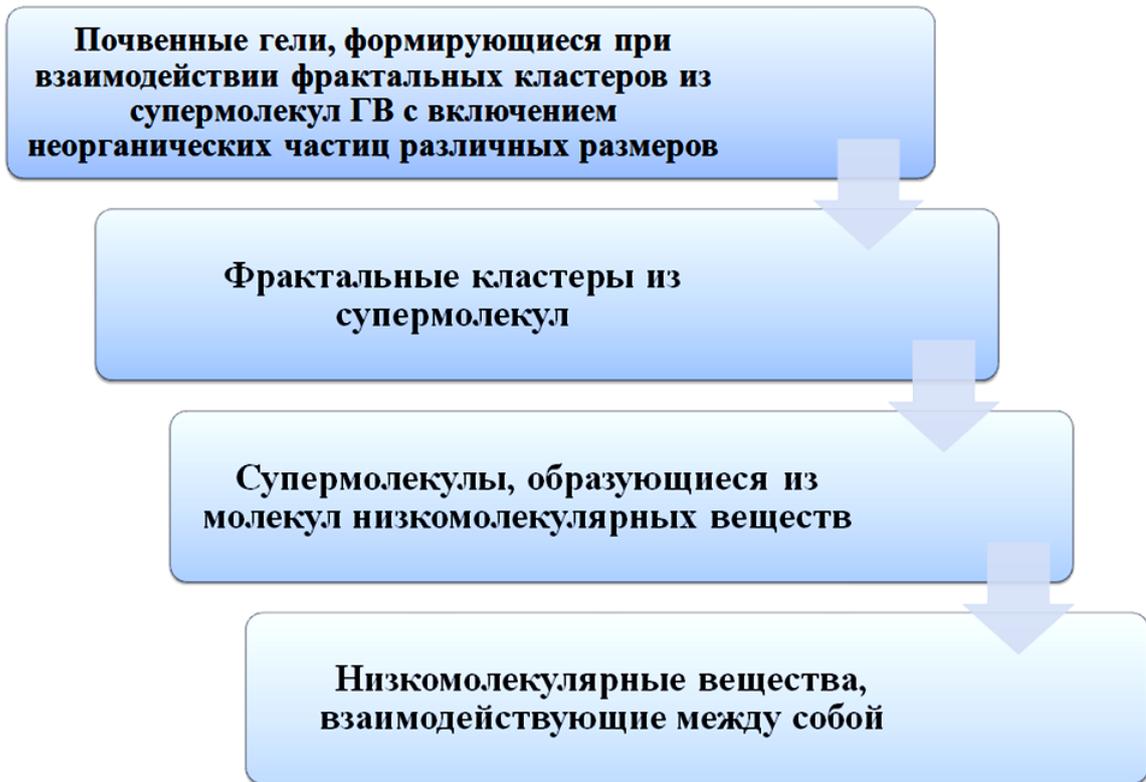
В 30-х годах впервые в работе К. Вольфа [229] в химии было введено понятие супрамолекулярная структура как совокупность молекул: *Übermolekule* – сверхмолекула для описания ассоциатов молекул. Затем в 1978 году французским химиком Ж.-М. Леном было введено определение «супрамолекулярная химия» – химия за пределами молекулы, изучающая структуру и функции ассоциаций двух или более химических частиц, удерживаемых вместе межмолекулярными силами. По сути, супрамолекулярные образования состоят из низкомолекулярных органических соединений, связанных множественными нековалентными

(слабыми) связями, именно это свойство этих соединений позволяет делать предположение о супрамолекулярной природе гуминовых кислот, так как известно, что в их составе имеются и низкомолекулярные фракции.

Многие авторы рассматривают ГВ как полимерный материал с высокой молекулярной массой, образовавшийся при разложении лигнина под воздействием абиотических факторов, таких как первичные минералы и слоистые силикаты [222].

Гуминовые вещества, в работах Алессандро Пиккало [209] представляют собой надмолекулярные ассоциаты гетерогенных молекул, связанные гидрофобными взаимодействиями (Ван-дер-ваальсовыми силами,  $\pi$ - $\pi$  и ион-дипольными связями) и водородными связями. Все эти силы стабилизируют структуру молекулярных агрегатов. Кроме того, стабильность агрегатов ГВ в растворе имеет динамический характер и зависит от ионной силы раствора и pH [209; 222]. В щелочной среде агрегаты ГВ диспергируются из-за разрушения внутримолекулярных водородных связей. Подкисление гуминовых веществ приводит к значительному уменьшению размеров молекул из-за разрушения слабых связей, не являющихся ковалентными, таких как Ван-дер-Ваальсовы силы,  $\pi$ - $\pi$  и СН- $\pi$  связи). Однако, при более низких значениях pH (<3) за счет протонирования карбоксилатных групп, которые способствуют увеличению количества внутри- и межмолекулярных водородных связей, происходит распад гуминовых веществ на более крупные фрагменты, что приводит к конформационным изменениям, делая ГВ более устойчивыми к микробиологической деградации, и удлиняется их круговорот в почве [222].

Дальнейшие исследования показали, что введение модификаторов в почвы и гумусовые системы приводит к изменению супермолекул ГВ и наноструктурной организации почвенных гелей. В работе Федотова Г.Н. показано [175], что структуры гумусовых соединений, по сути, представляют собой гумусовую матрицу сложной многоуровневой организации и включают ряд структур, (рис. 5):



**Рисунок 5** – Многоуровневая организация гумусовой матрицы

Применительно к гуминовым веществам исчезает понятие молекулы – можно говорить только о молекулярной ассоциации, тем самым к ГВ невозможно применить традиционный способ численного описания строения органических соединений – определить количество атомов в молекуле, число и типы связей между ними. Однако эти молекулярные ассоциации не хаотичны, и имеют вполне упорядоченную структуру.

### **1.1.2. Гуминовые вещества как регуляторы продукционного процесса растений в условиях агробиоценозов**

Публикации последних лет свидетельствуют о возросшем интересе многих ученых к гуминовым препаратам, что объясняется их стимулирующими и адаптогенными свойствами, высокой биологической активностью, определенной экспериментальным путем [16; 82; 164; 171].

Различные физико-химические свойства ГВ, разветвленное нерегулярное строение молекулы, наличие большого количества функциональных групп и их пространственное расположение способствуют одновременному протеканию различных реакций, а значит и проявлению широкого спектра биологической активности [146].

Биологическая активность ГВ, проявляющаяся в способности выступать регуляторами продукционного процесса, обусловлена тем, что гуминовые вещества, попадая в растение, включаются в биохимические и биофизические процессы. Механизм действия ГВ заключается в стимулировании всех биохимических процессов в организме растения не только на начальном этапе прорастания семян и образования корневой системы, но и дальнейшего роста и развития растения. Они изменяют проницаемость клеточных мембран, повышают активность ферментов, содержание хлорофилла и продуктивность фотосинтеза. Изучение молекулярных механизмов действия ГВ на растительный организм с использованием цитофотометрических и радиоавтографических методов показало, что ГВ положительно влияют на процессы синтеза ДНК, РНК и белка в нормальных условиях, а при угнетении их радиационным и химическими факторами способствуют реактивации указанных жизненно важных процессов [35; 157]. Установлено, что ГВ поставляют разнообразные биофильные элементы в растения, в том числе и в составе хелатных комплексов, способны вступать в реакциях различных типов, принимают участие в фермент-субстратных взаимодействиях [191; 195; 200; 215].

И.Д. Комиссаров и Л.Ф. Логинов считают, что химические реакции, протекающие при участии ГК, по своему механизму могут относиться к двум типам: 1) гетеролитические реакции, где макромолекулы гуминовых кислот при формировании новой связи благодаря своему полифункциональному характеру выступают как нуклеофильный или электрофильный реагент; 2) радикальные или гомолитические реакции, в которых образование ковалентной связи обусловлено взаимными одноэлектронными вкладами

соединяющихся реагентов. Особое значение авторы уделяют количеству парамагнитных центров, которое может говорить о физиологической активности ГВ [88]. Еще Л.А. Христева дала описание состава молекулы гуминовой кислоты, в которую входят хиноидные группировки. Электроны четырех сопряженных  $\pi$ -связей способны к захвату кванта солнечной энергии с переходом на более высокие энергетические уровни, ее накоплению и отдаче клетке в нужный момент. Это приводит к интенсификации обменных процессов. В результате ускоряется развитие корневой системы, вырабатываются специальные ферменты, повышающие устойчивость растений к таким неблагоприятным факторам внешней среды, как засуха и заморозки, и способствующие таким направлениям процесса усвоения азота, которые не приводят к образованию нитратов. Одновременно ускоряется синтез хлорофилла, сахаров, витаминов, необходимых аминокислот, масел и т.д. и поступление минеральных солей из внешней среды [180;182].

Наличие у ГВ поверхностно-активных и электроповерхностных свойств позволяют участвовать им в гидрофобно-гидрофильных взаимодействиях на границе раздела фаз.

По мнению А.И. Попова, способность ГВ проявлять физиологическую активность возможна благодаря:

1. наличию в составе разнообразных функциональных групп;
2. коллоидным свойствам;
3. компонентному составу [156].

Наряду с вышесказанным гуминовые вещества не токсичны, не канцерогенны и не обладают мутагенным действием, что в свою очередь создает предпосылки получения экологически чистой продукции [77].

Анализ литературы показывает, что большинство исследований посвящено изучению регуляции продукционного процесса растений в агробиоценозах при прямом контакте гуминовых препаратов с тканями растений: при обработке семян и обработке по вегетации. При этом рабочие

концентрации растворов составляют тысячные доли процента. Отмечается, что внесение в почву препаратов в том же диапазоне концентраций менее эффективно, что вполне объяснимо связыванием большей части внесенных кислот почвенным поглощающим комплексом. Они просто не доходят до корней растения в активной форме. Однако, гуминовые вещества при внесении в почвенную систему способны выполнять ряд других, не менее важных с точки зрения сохранения почвенного плодородия и экологического состояния агробиоценозов, функций, а при увеличении вносимой дозы вполне могут и реализовывать способность к стимуляции роста и развития растений. Так, добавка гуминовых веществ к мелиорантам способствует более быстрой адаптации микробиоты к новым условиям, и стимулирует развитие полезной микрофлоры [3].

Основной проблемой обогащения почвы гуминовыми веществами в достаточном для проявления всех их свойств количестве, при помощи традиционных щелочных препаратов, является резкое защелачивание системы. Проблема снимается, если проводить обогащение с использованием инновационных препаратов на основе гидрозоля активированного торфа. Кроме того, благодаря малым размерам частиц дисперсной фазы, стабилизированных в гидрозоле, можно добиться равномерного распределения вносимых гуминовых веществ в обрабатываемой почвенной системе, формирования агрономически ценной почвенной структуры, обладающей устойчивостью к эрозионным процессам и стимуляции выращиваемых растений [136; 206]. Следует отметить, что, несмотря на перспективность почвенного внесения нетрадиционных гуминовых препаратов, большей экономической привлекательностью с точки зрения масштабного практического применения в агроэкосистемах для повышения продуктивности растений обладает способ их внекорневой обработки нетрадиционными гуминовыми препаратами.

Действие ГВ хорошо видно в начальный период развития растений и в период его усиленного действия биохимических процессов, а также когда

внешние условия создают стресс для растений: при засухе и заморозках, избытке азота в почве, в условиях засоленных почв [176].

Способность гуминовых веществ выступать в качестве регуляторов продукционного процесса растений зафиксирована большим числом исследователей [7, 15, 23, 28, 92, 119, 155], в которых показано стимулирование прорастания семян и увеличение урожайности культур (табл. 2).

**Таблица 2** – Примеры исследований, подтверждающие способность ГВ выступать в качестве регуляторов продукционного процесса растений

Изучаемое воздействие	Исследуемые препараты	Результаты исследований	Авторы исследований
Стимуляция роста и влияние на урожайность яровой пшеницы	«Гуми» – препарат, полученный из бурых углей	В условиях лесостепи Поволжья применение препарата при возделывании яровой пшеницы сорта «Землячка» оказало положительное влияние на все ростовые процессы (высота растений 76,4 см, количество зерен в колосе 25,6 шт., масса 1000 семян 34,0 г) и привело к увеличению урожайности культуры (прибавка к контролю составила 0,10 т/га)	Андреева Н.Н., Каспировского А.В. [7].
Урожайность озимой пшеницы	«Гуми-20М» – препарат, полученный из бурых углей. Изучался совместно с фунгицидом «Луварам»	В условиях Краснодарского края применение препарата при возделывании озимой пшеницы сортов «Дея» получили прибавку урожая 3,7-10,0 ц/га. Подобные испытания на других сортах озимой пшеницы («Батько», «Селянка», «Дон-95» и «Эхо») также способствовали увеличению урожайности зерна на опытных вариантах на 6,6-9,3% относительно контроля.	Морозовский В.В., Назаренко Д.Ю., Стрелков В.Д. [119].
Урожайность яровой пшеницы и устойчивость к заболеваниям	<i>Гумат калия</i> – препарат, полученный из бурого угля	В условиях лесостепи Приобья применение гумата калия при возделывании яровой пшеницы сорта «Новосибирская 29» способствовало увеличению густоты стеблестоя на 10,6-22 %, повысила устойчивость пшеницы к	Власенкова Н.Г., Егорычева М.Т. [28].

		корневым гнилям. В результате урожайность пшеницы увеличилась на 1,3-1,8ц/га относительно контроля.	
Урожайность и качество яровых зерновых культур	<i>«Гумостим»</i> – препарат, полученный из торфа.	В суровых экстремальных условиях юга Средней Сибири исследования показали достоверное увеличение урожайности всех зерновых на 18-56 % к контрольному варианту, и при повышении урожайности увеличился сбор белка с гектара на 19-54 %. Наибольшая прибавка урожайности яровой пшеницы (1,62 т/га) отмечалась в вариантах с применением Гумостим и минеральных удобрений, однако экономически эффективнее применять гуминовое удобрение Гумостим без применения минеральных удобрений.	Кравца А.В., Клячиной С.Л., Касимовой Л.В. [92].
Урожайность и качество зерна мягкой озимой пшеницы	<i>«БИО- Don»</i> – препарат, полученный из вермикомпоста	В условиях Ростовской области применение препарата при возделывании мягкой озимой пшеницы сорта «ДонЭко» позволило получить прибавку к урожайности от 6,9 до 12,7 ц/га при некотором снижении содержания белка в зерне (14,1-15,4%) при внесении биоудобрения в почву и при двукратной обработке посевов и увеличении содержания клейковины (26,4-30,2%) на варианте с предпосевной обработкой семян.	Безуглова О.С., Полиенко Е.А. и др. [15].
Урожайность зернового сорго	<i>«Гумат Калия», «Гумат+7 микро-элементов»</i>	В условиях Волгоградской области на светло-каштановых почвах применение препаратов при некорневой обработке растений зернового сорго дала прибавку урожая в среднем 0,16-0,20 т/га.	Пивоварова И.С., Егорова Г.С. [155].

### **1.1.3. Использование гуминовых веществ при компостировании растительных отходов**

Ежегодно в Российской Федерации образуется около 7 млрд тонн отходов производства, из которых повторно используется только 2 млрд тонн или 28,6%. Под свалки и полигоны ежегодно официально отводится около 10 тыс. га земель. Все это заставляет уделять особое внимание вопросам утилизации отходов вообще и твердых в частности. В современной России все больше внимания уделяется созданию систем предприятий и организаций, в которых продукты переработки одного производства являлись бы ресурсами другого. Гармоничной коллаборацией в этой связи можно считать систему, состоящую из предприятий перерабатывающей промышленности и сельхозпроизводителей.

Проблема использования растительных отходов в земледелии включает в себя несколько аспектов, приоритетность которых, в основном, зависит от характера отходов. Можно выделить группу материалов, которые до настоящего времени в земледелии практически не использовались, например, отходы свеклосахарной промышленности (свекловичный жом). Известно, что в состав жома входят (% к общей массе): пектиновые вещества – 48-50, целлюлоза – 22-25, гемицеллюлоза – 21-23, азотистые вещества – 1,8-2,5, зола – 0,8-1,3, сахара – 0,15-0,20. Низкое количество клетчатки, легкая усвояемость углеводов и белка делают его ценным для кормления крупного рогатого скота, который охотно поедает как свежий, так и доброкачественный, заквашенный путем молочнокислого брожения жом [71]. При увеличении объемов производства и снижении поголовья животных – потенциальных потребителей жома, утилизация свекловичного жома таким способом становится весьма проблематичной. Жом сбрасывают в ямы и отвалы, не защищенные от доступа воздуха и атмосферных осадков, в которых он начинает портиться в результате деятельности маслянокислых и гнилостных бактерий, появляется неприятный запах маслянокислого

брожения. В связи с отсутствием потребности животноводства в кормах, жом становится многотонным опасным растительным отходом, загрязняя масляной кислотой почвы и водоемы.

Свежий жом в ряде хозяйств запахивают, используя его как растительные остатки [9]. Однако такой прием возможен в весьма ограниченные календарные сроки: сахарные заводы в РФ начинают работу в сентябре-октябре, в то время как в конце ноября во многих свеклосеющих районах наступают морозы, поэтому отходы жома лежат до весны в мерзлом состоянии. С наступлением весны многотонные отходы (на среднем сахарном заводе Курской области скапливается 150–200 тыс. тонн жома) через 3-4 недели подвергаются маслянокислому брожению, распространяя потоки масляной кислоты и зловоние на километры в округе. В результате этого отходы накапливаются на площадях, прилегающих к предприятиям, и загрязняют окружающую среду.

Для сокращения дефицита содержания углерода и элементов минерального питания в почве в качестве альтернативного вида органических удобрений, помимо побочной продукции зерновых культур, можно использовать свекловичный жом в виде компостов с различными добавками, ускоряющими его созревание.

Компостирование растительных отходов является биотермическим процессом биологического окисления, в котором органический субстрат подвергается биodeградации смешанной популяцией микроорганизмов, в результате которого происходит минерализация и гумификация веществ, причем, происходит этот процесс в основном в аэробных условиях [25; 115; 124]. В настоящее время известно, что компостирование может осуществляться не только в аэробных условиях, но и в анаэробных условиях, о чем упоминается в работах Проценко Е.П., Проценко А.А. и др. [149; 150; 151].

Обычно компостирование растительных отходов (солома, опилки, бытовой мусор и др.) осуществляется с использованием комплекса

непатогенных микроорганизмов при обязательном добавлении компонентов - источников азота. Установлено, что в процессе компостирования принимают участие различные группы микроорганизмов: идентифицировано более 2000 известных видов бактерий, не менее 100 видов грибов, также в компостах присутствуют археи [193; 212].

Значительное влияние на интенсивность процесса компостирования и скорость окисления органических веществ оказывают температура, влажность компостируемой массы, пористость (мультидисперсность) субстрата, обеспечивающая аэрацию, присутствие азота в доступной форме, а также компонентов способных интенсифицировать процесс.

Существуют множество способов компостирования, к основным относятся: компостирование в аэрируемой неподвижной куче, компостирование в буртах, компостирование в установках (аппаратах). Выбор технологической схемы производства компостов зависит от объемов растительных отходов, подлежащих переработке, экономической доступности компонентов-источников азота, природно-климатических условий.

В качестве источников микроорганизмов для создания компостных смесей могут служить специализированные микробиологические препараты, микробиологические закваски, почвы и торфы, используемые в качестве прослоек между компостируемыми материалами, органические отходы животноводства, вермикомпост и т.д.

Оптимальное для развития микроорганизмов соотношение C/N должно находиться в интервале от 26 до 35. Так как в растительных отходах количество белков, аминокислот, азотистых оснований лимитировано, то компостная смесь обогащается дополнительными источниками доступного азота, в качестве которых традиционно выступают отходы животноводства (навоз, его жижка и стоки, фекалии, помет птиц и др.), мочевины, соли аммония и др. [187].

В качестве компонентов, способных интенсифицировать процесс разложения, можно рассматривать ферментативные препараты, соединения фосфора, различных микроэлементов, некоторое количество готового компоста, дополнительные микробиологические культуры с конкретными видами разлагающей активности и гуминовые вещества.

При компостировании используются ферментативные препараты, содержащие чаще всего пищеварительные ферменты, полученные путем выращивания микробиологических культур-продуцентов.

Введение фосфатов способствует связыванию аммиачных форм азота в компосте, кроме того, добавки фосфатов снижают потери органического вещества. Фосфаты активизируют процессы биотермии и гумификации смеси. Положительное влияние на процессы компостирования могут оказать обоснованные количества микроэлементных добавок.

Начало термофильной стадии можно ускорить возвращением некоторого количества уже готового компоста в систему (10–20 % к объему исходного материала), в котором находится ассоциация микроорганизмов, принимавших участие в ферментации данных органических остатков в конкретных условиях.

Скорость ферментации компостируемого материала можно также значительно увеличить путем внесения помимо основной группы микроорганизмов, дополнительных культур микроорганизмов, способных к утилизации специфических компонентов конкретных видов растительных остатков. Так, например, для остатков богатых целлюлозно-лигниновыми структурами рекомендуют вносить активные культуры лигнолитических микроорганизмов. При высоком содержании пектиновых веществ можно добавлять микроорганизмы, обладающие пектинразлагающей активностью.

Общей целью при компостировании всех видов растительных отходов является образование максимального количества качественного гумуса. В процессе гумификации принимают участие бактерии родов *Bacillus*,

*Lactobacillus* и грибы родов *Chaetomium*, *Trichoderma*, *Candida* [192; 226; 227].

Считается, что формирование полиароматических компонентов гумуса происходит за счет активности микробных ферментов фенолоксидаз, лакказ, пероксидаз. В процессах гумификации при компостировании лакказоподобные ферменты играют важнейшую роль в реакциях спонтанной полимеризации при формировании полифенолов [213; 230]. Образование гумуса при компостировании идет значительно быстрее, чем в почвах, главным образом, за счет активности микроорганизмов в термофильной стадии [192; 224]. При этом образование гумуса можно ускорить добавлением биопрепаратов, содержащих микроорганизмы гумификаторы, а также комбинированием отходов различного происхождения [227]. Следует отметить, что особый интерес с точки зрения выбора препаратов, содержащих дополнительные микроорганизмы гумификаторы, представляют собой препараты, содержащие в своем составе микроорганизмы торфа. Известно, что численность микроорганизмов, окисляющих органические соединения в торфах, в 4-5 раз превышает аналогичный показатель для почв. Кроме того, микроорганизмы торфа не являются антагонистами почвенной микрофлоры.

Особый интерес представляет использование для обеспечения интенсификации компостирования гуминовых препаратов. Гуминовые вещества, характеризуясь полифункциональностью, полидисперсностью и биофильностью, способны выступать в качестве детоксикантов токсичных веществ, которые зачастую присутствуют в отходах и снижают скорость развития микроорганизмов-редуцентов компоста. Гуминовые вещества, с одной стороны, связываются с токсичным компонентом в комплекс, который не взаимодействует с клетками микроорганизмов, с другой стороны, гуминовые вещества способны инкапсулировать сами микроорганизмы, защищая их от негативных воздействий среды [200].

Помимо детоксикационной и защитной роли, гуминовые вещества выполняют функцию переносчиков электронов от микроорганизмов к поверхности оксидов железа (III), способствуя окислению веществ в анаэробных условиях при компостировании. Гуминовые вещества выступают в этом случае медиаторами в окислительно-восстановительных процессах [211; 231]. Авторами отмечается ключевая роль в процессе этой челночной передачи электронов ряда функциональных фрагментов в молекулярных ансамблях гуминовых веществ, в первую очередь, хиноидных структур и азотсодержащих функциональных групп [201; 210].

Кроме того, на гуминовых веществах часто иммобилизованы ферменты, которые в таком состоянии могут длительное время оставаться активными. Benitez E., Sainz H., Nogales R. показаны длительное сохранение ферментативной активности гуминовых веществ в процессе компостирования. Таким образом, гуминовые вещества выполняют роль носителей и стабилизаторов, высвобождаемых во внеклеточное пространство ферментов [190].

Следует отметить, что сочетание разных видов интенсификаторов может максимально ускорить процесс компостирования и повысить качество компоста.

## 1.2. Особенности сырья и основные способы получения гуминовых препаратов

За последние 20 лет интерес к гуминовым веществам значительно расширился и вышел за рамки традиционного изучения органического вещества почв. В настоящее время как отечественный, так и зарубежный рынок интенсивно пополняется новыми гуминовыми препаратами, обеспечивая их широкомасштабное применение в различных областях.

Благодаря многообразию функций гуминовых веществ в биосфере, гуминовые препараты (ГП) нашли широкое применение в сельском хозяйстве. В зависимости от функций, которые выполняют ГП, их можно разделить на 3 группы: - удобрения, стимуляторы роста; - мелиоративные; - детоксиканты [165].

Выделяют ряд способов извлечения гуминовых веществ из природных источников: физические, химические, микробиологические, биохимические, которые базируются на различном воздействии на органическое вещество, его гуминовый комплекс.

На сегодняшний день основным методом выделения гуминовых веществ и состава сырья является щелочная экстракция растворами аммиака или гидроксидами калия и натрия. Такая обработка переводит гуминовые кислоты в водорастворимые соли – гуматы. Метод практически безотходный, поэтому его широко используют и в России, и за рубежом. Недостатком этого способа является многоступенчатость процесса, потребность в большом количестве щелочных реагентов, что в условиях производства усложняет процесс, повышает затраты на получение готового препарата.

Твердофазная конверсия считается альтернативным способом получения гуматов и используется в основном для получения гуминовых препаратов из бурого угля. В данном способе предполагается механическое измельчение сырья с сухим гидроксидом натрия/калия, или карбонатом натрия/калия, в результате чего получается сухой, гранулированный растворимый в воде гумат калия или натрия [100; 101].

Еще одним из способов получения концентрированных препаратов, содержащих соли гуминовых кислот является метод окислительно-гидролитической деструкции сырья. Этот способ используется чаще всего при работе с многотоннажными побочными продуктами гидролизного (лигнин) или целлюлозно-бумажного производств (лигносульфонаты). Одним из препаратов, полученным таким методом, является «Лигногумат» [72].

Общим недостатком для препаратов, содержащих гуматы, можно считать их высокую щелочность, которая ограничивает их применение в высоких концентрациях для восстановления запасов гумуса в почвенной среде и улучшения ее структурных свойств.

О.С. Якименко указывает, что состав, свойства и эффективность промышленных гуминовых препаратов определяются не только технологией их получения, но и генезисом органического сырья и условиями гумификации. Автор приводит описания и базовые свойства некоторых российских и зарубежных гуминовых препаратов [188]. Примеры препаратов, полученных по классическим промышленным технологиям из различных видов гуминовых ресурсов, представлены в таблице 3 [14,15,16]. Анализ состава всех представленных препаратов показал, что они в качестве активных компонентов содержат гуматы калия или натрия, обогащенные микроэлементами.

**Таблица 3 – Гуминовые препараты, полученные по классическим промышленным технологиям из различных видов гуминовых ресурсов**

	<b>Сырьевые ресурсы</b>			
	Углефицированные материалы	Торфа	Донные отложения	Органические отходы
Пример (название) ГП	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Гумат-80;</li> <li>• Гумат 7+;</li> <li>• Энерген-экстра;</li> <li>• Энергум;</li> <li>• Сахалинский;</li> <li>• Гуми, НВП «БашИнком»</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Эдагум;</li> <li>• Гумостим;</li> <li>• Росток;</li> <li>• Плодороди;</li> <li>• Гумат калия, марки «Флексом»</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Бигус;</li> <li>• Гумизоль;</li> <li>• Сапрогумат.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лигногумат (Na);</li> <li>• Лигногумат А (К);</li> <li>• Лигногумат марки «АМ»;</li> <li>• Гумистар;</li> <li>• Гумистим;</li> <li>• ВЮ-Дон;</li> <li>• Биогумус «Донской»</li> </ul>

Наряду с определенной общностью строения, гуминовые препараты, полученные из сырья, сформировавшегося в различных условиях трансформации и гумификации биомассы, обладают и индивидуальными свойствами. Поэтому особенности воздействия ГП на живые системы в условиях агробиоценоза будут определяться не только чувствительностью организмов и заданными условиями среды, но и составом ГП, который, в свою очередь, во многом определяется генезисом органического сырья [188].

Основным видом сырья для получения гуминовых препаратов является окисленный бурый уголь по причине высокого содержания в нём гуминовых кислот. **Бурый уголь** – разновидность ископаемых углей, представляющая собой переходную форму от торфа к каменному углю. По внешним признакам бурый уголь отличается от торфа большей уплотнённостью и меньшим содержанием различных растительных остатков, а от каменных углей – главным образом, окраской бурых тонов. Привлекательность бурого угля в качестве источника удобрений объясняется низкой теплотворной способностью. В нем содержится от 4,5 до 50% гуминовых веществ в расчете на органическую массу угля (ОМУ). Считается, что с содержанием гуминовой кислоты не менее 30% на ОМУ угли пригодны для получения из них качественных гуминовых удобрений. Агрохимическая ценность зависит от органического состава угля (гуминовые и фульвокислоты), а также содержания азота [102].

Для получения ГП широко используется леонардит, в нём содержится наибольшее количество ГВ – до 85%, представленных фракциями гуминовых и фульвокислот. **Леонардит** – высокогуминовая разновидность бурого угля. В большинстве месторождений бурых углей присутствуют пласты леонардита, но обычно они поступают в отвалы в связи с низкой теплотворной способностью. Запасы бурого угля в мире составляют около 900 млрд. т., из них в России сосредоточено более 150 млрд. т. [25].

В последние годы набирает популярность использование торфяного сырья для производства гуминовых препаратов. **Торф** – это полукolloидная высокомолекулярная многокомпонентная полифракционная гидрофильная

система [107]. Торф является самой молодой породой каустобиолитов угольного ряда: торф – бурый уголь – каменный уголь – антрацит. Процесс образования торфа осуществляется путем биогеохимического превращения, преимущественно, болотной растительности в условиях переувлажнения и ограниченного доступа кислорода. Торф представляет собой остатки растений (трав, мхов, кустарников, деревьев), произраставших, как правило, при недостаточном минеральном питании и при избытке воды. Торфы различают по условиям образования (тип торфа), по характеру слагающей их растительности (вид торфа), а также по степени разложения (минерализация). В зависимости от условий образования различают три типа торфа: верховой, низинный и переходный. Верховой торф, образующийся на верховых болотах, беднее питательными веществами, т.е. маломинерализованный по сравнению с низинным. Верховой торф имеет кислую реакцию среды ( $pH = 3-4$ ). Низинный торф, напротив более минерализованный, имеет слабокислую или нейтральную реакцию среды ( $pH = 5,5-7$ ). Переходный торф занимает промежуточное положение между низинным и верховым [8; 11]. По степени разложения выделяют торф слаборазложившийся – это 5-25% гумифицированных веществ, среднеразложившийся 25 – 40%, сильно разложившийся (низинный) свыше 40%. Чем сильнее степень гумификации, тем выше удобрительная ценность торфа. Таким образом, содержание гумусовых кислот в торфах колеблется от 5 до 52 % и зависит от типа торфа. Так, в среднем содержание ГК составляет 24,5; 37,7; и 39,1% для верхового, переходного и низинного типов торфа соответственно. Для ФК наблюдается обратная тенденция – снижение содержания при переходе от верхового к низинному типу торфа: 17,9; 17,0; и 16,8% (верховой, переходный, низинный соответственно). Многие авторы сходятся во мнении, что гумусовые кислоты, выделенные из торфа, по составу и свойствам максимально близки к почвенным и характеризуются высокой химической и биологической активностью [68; 95; 97]. Общемировые запасы торфа оцениваются в 285 млрд. т. По запасам торфа Россия занимает первое место в мире – разведано

155 млрд. т., основные крупные месторождения торфа находятся в Сибири и на Дальнем Востоке [33].

В качестве сырья для получения гуминовых препаратов набирают популярность лигнин и лигносульфонаты. **Лигнин** – сложный (сетчатый) ароматический природный полимер, входящий в состав наземных растений, продукт биосинтеза. **Лигносульфонаты** – многотоннажные побочные продукты гидролизного или целлюлозно-бумажного производств. Такие продукты содержат до 85% органических веществ, из которых 60-65% составляет лигнин, что и обуславливает их гумусообразующий потенциал. Лигносульфонаты имеют высокую поверхностную активность, что позволяет использовать их в сельском и лесном хозяйстве для противоэрозионной обработки почв. Мировые мощности по лигносульфонатам оцениваются примерно в 1175 тыс. т/год по сухому веществу. В России не превышает 150 тыс. т/год.

В последнее время во многих странах мира, включая Россию, широкое использование в качестве исходного сырья для получения и производства различных гуминовых биопрепаратов сельскохозяйственного назначения получили вермикомпосты. **Вермикомпост (биогурус)** – продукт переработки органических отходов сельского хозяйства дождевыми червями (чаще всего *Eisenia foetida* и *Lumbricus rubellus*) и бактериями с участием других организмов (насекомые, грибы и т. д.) [8]. Биогурус представляет собой выделения или копролиты дождевых червей. Он представляет собой черную рассыпчатую и приятно пахнущую почвоподобную массу, похожую на чернозем. Субстрат может быть разным: солома, практически любой навоз, птичий помет, остатки силоса, различные отходы пищевой промышленности [31].

Вермикомпосты по содержанию в них ГВ существенно беднее бурых углей и торфов, в сухом веществе содержится от 5 до 18 % ГВ. Вермикомпосты являются возобновляемым источником гумусосодержащего сырья, процесс биоконверсии составляет 3-4 месяца. Помимо гуминовых веществ, вермикомпосты содержат широкий спектр биологически активных

соединений – продуктов жизнедеятельности микробиоценоза и богатую по видовому составу микрофлору полезных почвенных микроорганизмов – антагонистов самых различных патогенов. Существует три способа обработки вермикомпостов для получения жидких биопрепаратов: биологический (ферментация водных суспензий); химический (экстракция щелочными или кислотными реагентами); физический (экстракция с дополнительной активацией) [172]. Получение жидких гуминовых препаратов из биогумуса путем щелочной обработки в растворе позволяет получить более концентрированные, чем при водной обработке, препараты. Гуминовые вещества компостов самые молодые, в их структуре еще сохраняются полисахариды, а остальные свойства могут очень сильно варьировать в зависимости от природы компостируемого материала. Жидкие гуминовые удобрения, получаемые на основе вермикомпостов, содержат в себе все его компоненты в растворенном состоянии: гуминовые и фульвокислоты, природные фитогормоны, витамины, макро- и микроэлементы в виде биодоступных органических соединений, а также споры полезных почвенных микроорганизмов. Присутствие природных фунгицидов и антибиотиков, выделяемых микрофлорой кишечника дождевого червя в процессе вермикультивирования, предопределяет фунгицидные и бактерицидные свойства получаемых удобрений.

В настоящее время в качестве источника получения гуминовых препаратов производители используют и сапропель. **Сапропель** – это сложный органоминеральный комплекс, формирующийся на дне водоемов в результате аэробных и анаэробных микробиологических, физико-химических и механических процессов из остатков растительных и животных организмов, а также поступающих извне органических и минеральных примесей [90]. Сапропель среди других каустобиолитов является одним из самых «молодых» образований, в минимальной степени подвергшемся действию процессов гумификации и выветривания, по причине чего он содержит большое количество низкомолекулярных гуминовых веществ, в том числе фульвокислот. Отличительной чертой гумусовых кислот,

выделенных из сапропеля, является обогащённость их структуры углеводно-пептидными фрагментами и высокое содержание азота. В среднем сапропели содержат 5-15% сухого вещества, в котором содержание органического вещества колеблется от 10 до 35%. В составе органического вещества сапропеля присутствуют следующие компоненты (%): гуминовые кислоты – 11-43; фульвокислоты – 5-23; гемицеллюлоза – 10-52; негидролизуемый остаток – 5-23; целлюлоза – 2-6; битумы – 6-17. На дне озера отлагаются различные типы сапропелей (тонкодетритовые, грубодетритовые, глинистые, известковые, водорослевые, органические, минерально-органические, минерализованные и др.). В основу классификации включен комплекс признаков: генезис, местность, стратиграфия, химические и физические свойства, возраст источника и др. Внешне сапропель имеет вид желеобразной массы, с постепенным уплотнением при увеличении глубины отложения. Отличительным признаком сапропеля является коллоидная структура. Только в России запасы сапропеля оцениваются величиной 225 млрд. м<sup>3</sup> [86].

Работами многих исследователей установлено, что химический состав сапропелей в значительной степени зависит от их возраста и условий образования. Сапропель содержит большое количество минеральных примесей, в том числе микроэлементы – Mn, Cu, Zn, B, Br, Co, Mo, что особенно интересно с позиций его применения в сельском хозяйстве, с другой стороны, такая химическая гетерогенность требует применения гораздо более сложных технологий переработки сырья. Кроме того, в составе минеральных примесей могут присутствовать и опасные токсиканты, такие как тяжелые металлы, ввиду загрязнения водоемов, служащих источником сапропеля. Тем не менее, добыча сапропеля позволяет очистить заиляющиеся озера, что благоприятно сказывается на функционировании водных объектов и прибрежных территорий [1; 10; 30; 36; 74; 118; 132; 133; 159].

### **1.3. Ультразвуковая кавитационная обработка как перспективный способ активации сырья для получения нетрадиционных гуминовых препаратов**

На сегодняшний день известны технологии производства гуминовых препаратов, основанные на щелочной экстракции гуматов из природного органического сырья с последующей очисткой. В настоящее время данная технология является преобладающей и имеет различные модификации посредством изменения концентрации и расхода щелочных реагентов, добавления различных химических добавок и присадок [138; 139; 140; 141].

Анализ источников литературных данных и патентный поиск показал, что технология щелочной экстракции имеет ряд недостатков: большой расход реагентов (щелочи), высокая энергоёмкость, многостадийность и трудоёмкость процесса. Зачастую наблюдается снижение качества гуминовых веществ по причине высокотемпературной обработки в течение длительного времени. Кроме того, препараты, производимые таким образом, характеризуются большим содержанием балластных включений [137, 142].

В последние 10-15 лет весьма актуальным направлением становятся инновационные кавитационные технологии производства гуминовых препаратов. В основу данных технологий положено явление кавитации, возникающее в сырьевой смеси.

Кавитация представляет собой процесс парообразования и последующей конденсации пара в потоке жидкости, сопровождающийся образованием в жидкости полостей (кавитационных пузырьков, или каверн), заполненных паром самой жидкости. Причиной возникновения кавитации является местное понижение давления в жидкости, что происходит либо при быстром увеличении её скорости (гидродинамическая кавитация), либо при прохождении акустической волны большой интенсивности (акустическая кавитация), существуют и другие агенты, вызывающие кавитацию (электрогидравлический взрыв, лазер и др.) [178].

Известно, что применение ультразвуковых колебаний высокой интенсивности может значимо интенсифицировать различные технологические процессы.

Использование кавитации в технологиях получения гуминовых препаратов дает возможность достижения их высокой физиологической активности, большого выхода водорастворимых органических веществ, протекания реакций гидротермального синтеза. В системе синхронно идут процессы диспергации, экстракции, растворения, дезинтеграции клеточных структур. Физиологическая активность гуминовых препаратов с неупорядоченными полимерными структурами гуминовых кислот и их солей, получаемых с использованием кавитации, увеличивается, поскольку неупорядоченная полимерная структура таких веществ с условным понятием молекулярной массы чем мельче, тем эффективнее усваивается мембранами клеточной структуры растений.

Одним из главных эффектов, сопровождающих ультразвуковую кавитацию, является диспергирование, т.е. измельчение твердых частиц обрабатываемого сырья, при этом, степень дисперсности суспензии может увеличиваться на несколько порядков. Под воздействием микропотоков и микроударных волн происходит не просто разламывание агрегатов, связанных силами слипания, спекания и спайности, а обкалывание их с поверхности и обкатывание образующихся частичек, что способствует преобразованию сырья на глубоком структурном уровне [177]. Параллельно с процессами диспергирования в обрабатываемой смеси активно происходят и процессы эмульгирования.

Известно, что под действием ультразвуковой кавитации происходит деполимеризация высокомолекулярных соединений, в том числе и гуминовых веществ. По мнению ряда авторов, данное явление объясняется тем, что при прохождении ультразвуковой волны «легкие» части молекул (алифатические фрагменты) начинают колебаться с ней в резонансе, при этом «тяжелые» (ароматические фрагменты) отстают, при этом возникают зоны

напряженности, где и происходит разрыв химической связи [78; 79; 120; 205]. Данный процесс зачастую приводит к увеличению количества свободных радикалов и функциональных групп, в том числе гидроксильных и карбоксильных, что способствует повышению химической и биологической активности препарата [121; 207].

Все перечисленные процессы, возникающие при ультразвуковой обработке сырья, способствуют более эффективному извлечению гуминовых веществ, их выход в продукт по сравнению с технологией щелочной экстракции повышается в 1,5-2 раза [5; 6; 78; 120; 143].

Ультразвуковая обработка основана на введении ультразвуковых колебаний высокой интенсивности (более  $3...10 \text{ Вт/см}^2$ ) непосредственно в жидкие или жидкодисперсные среды. Используются несколько вариантов контактного введения ультразвуковых колебаний в жидкие или жидкодисперсные среды. Наиболее часто реализуемые из них - это обработка путем погружения рабочего инструмента ультразвуковой колебательной системы в технологический объем и обработка в реакторах, содержащих технологический объем в виде проточной камеры.

Ультразвуковое (УЗ) воздействие на жидкие или жидкодисперсные среды настолько уникально, что результатов обработки, аналогичных получаемым при осуществлении данного воздействия, невозможно достичь высокоскоростным перемешиванием или низкочастотной вибрацией [178].

В связи с этим ультразвуковые технологии обработки жидких и жидкодисперсных сред находят в настоящее время все более широкое применение в различных отраслях промышленности, однако многие исследователи отмечают в своих публикациях существование некоторых проблем, сдерживающих их распространение.

1. Даже хорошо известные УЗ технологии на практике не реализуются в должном объеме из-за малой эффективности существующих технологических решений промышленных аппаратов (КПД менее 40%;

масса, габаритные размеры, энергопотребление не соответствуют современным требованиям).

2. Имеются сложности в оптимизации воздействия на объекты, и часто возникает необходимость ручной регулировки в ходе данного этапа технологического процесса.

3. Отсутствуют многофункциональные промышленные аппараты, позволяющие решать большое количество задач [178].

В ООО ТПК «КАВИТА» разработана технология ультразвуковой кавитационной обработки объектов в жидкой среде при высоком статическом давлении, которая может быть использована для решения целого ряда задач, среди которых:

- диспергирование объектов (в том числе до наноразмеров частиц),
- интенсификация процессов экстрагирования,
- эмульгирование (в том числе с образованием наноэмульсий) и гомогенизация,
- углубление процессов растворения,
- интенсификации физических и химических процессов (для ускорения реакции, очистки и осветления жидких многокомпонентных сред),
- пастеризация и т.д. [144].

Важно отметить, что в настоящее время создано и постоянно усовершенствуется многофункциональное технологическое оборудование для промышленной реализации данного способа.

Контроль и управление работой промышленного ультразвукового оборудования ООО ТПК «КАВИТА» осуществляется при помощи специализированного программного обеспечения.

Производительность установок, габаритные размеры, энергопотребление и т.д. соответствуют современным требованиям, в том числе предъявляемым к оборудованию для крупнотоннажных производств.

Особый интерес вызывает возможность включения указанного способа и реализующего его оборудования в технологические схемы комплексной

переработки торфа, направленные на получения биологически-активной продукции различного функционального назначения.

Кавитационное воздействие представляет собой единый комплекс химических и гидродинамических явлений, относится к мягким методам воздействия, т.к. ведется при температуре раствора, не превышающей 40-60°C (подобие холодного кипячения), что не приводит к существенной химической деструкции сырья. Это позволяет сохранить в получаемом продукте все биологически-активные компоненты. Вместе с тем локальные повышения давления и ударные волны, образующиеся при кавитации, приводят к интенсивному диспергированию и активации обрабатываемого объекта [85].

Применение ультразвуковой кавитации для производства гуминовых препаратов сопряжено с рядом технологических особенностей. Процесс обработки сырья осуществляется при 30-45°C, что позволяет избежать отрицательного воздействия высоких температур на молекулярную структуру извлекаемых веществ и сохранить в составе препарата витамины, ферменты и другие биологически активные вещества, разлагающиеся при высокотемпературной обработке [168].

Таким образом, ввиду указанных производственно-технологических достоинств, ультразвуковая кавитация будет занимать все более прочное место в отрасли производства гуминовых препаратов. Однако применение полученных по данной технологии препаратов в различных отраслях хозяйственной деятельности требует наличия под собой необходимой научной базы и, соответственно, проведения ряда фундаментальных и прикладных исследований.

## Глава 2. Объекты и методы исследований

### 2.1. Объекты исследований (нетрадиционные гуминовые препараты на основе гидрозоля активированного торфа)

В качестве объектов в исследовании выступили нетрадиционные гуминовые препараты серии «Кавита – Биокомплекс» (ООО ТПК «Кавита» ТУ 0392-001-98967283-2014»), которые в отличие от большинства получивших распространение гуминовых препаратов изготавливаются без применения технологий выщелачивания гуминовых веществ и без применения каких-либо химических реагентов.

В состав серии «Кавита – Биокомплекс» входят несколько биопрепаратов, которые изготавливаются с применением инновационной технологии ультразвуковой кавитационной обработки сырья при высоком статическом давлении. Базовым препаратом серии является биопрепарат «*Cavita Biocomplex*», представляющий собой гидрозоль активированного торфа, то есть для изготовления препарата используется только торф и вода.

В серии представлены также препараты, обогащенные элементами питания растений естественного происхождения:

- биопрепарат «*Cavita Biocomplex Plus*», в котором гидрозоль активированного торфа обогащен компонентами водной вытяжки из помета птицы;

- биопрепарат «*Cavita Biocomplex Plus 2*», в котором гидрозоль активированного торфа обогащен компонентами вермикомпоста.

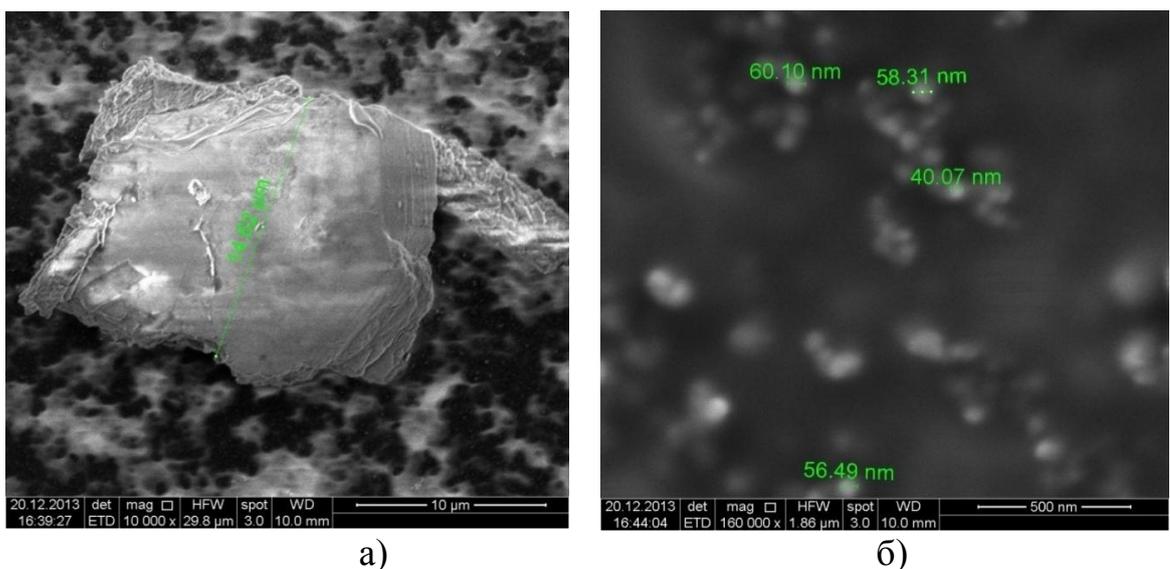
Все биопрепараты изготавливаются в виде концентратов (черно-коричневой густой массы).

Характеристика исследуемых препаратов серии «Кавита – Биокомплекс» приведены в таблице 4.

**Таблица 4** – Разновидности препаратов серии «Кавита – Биокомплекс»

№	Наименование показателя	Агропрепараты серии «Кавита - Биокомплекс»		
		«Cavita Biocomplex»	«Cavita Biocomplex Plus»	«Cavita Biocomplex Plus 2»
1	Органолептические свойства	Однородная пастообразная масса от темно-коричневого до черного цвета		
2	Массовая доля влаги, %	85-95	85-95	85-95
3	Кислотность солевой суспензии (рН <sub>KCl</sub> ), ед.рН	4,5-6,0	4,5-7,0	4,5-7,0
4	Зольность, % не более	20	20	20
5	Массовая доля органических веществ, % не менее	80	80	80
6	Массовая доля питательных веществ на сухую массу % не менее: азота общего фосфора общего в пересчете на Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> калия общего в пересчете на К <sub>2</sub> О	не нормируется	2,0	2,0
		не нормируется	1,0	не нормируется
		не нормируется	2,0	не нормируется

Для установления степени диспергирования и морфологии активированного торфяного комплекса, входящего в состав препаратов, образцы гидрозоля торфа были исследованы с помощью растрового электронного микроскопа FEI Quanta 650 FEG (ООО «МНТЦ»).



**Рисунок 6** – Микрофотография аморфных структур гидрозоля торфа – (а) и частиц дисперсной фазы гидрозоля торфа – (б).

Микроскопические исследования показали, что торфяной комплекс гидрозоля препарата «Cavita Biocomplex» представлен в основной массе сферическими частицами нанометровых размеров (рис. 6 б), которые в растворе стремятся к фрагментарной агломерации в бесформенные слоистые структуры, обладающие поперечными размерами до 15 мкм (рис. 6 а).

Препарат содержит все компоненты торфяного комплекса, основными из которых являются гумусовые кислоты (гуминовые и фульвокислоты). «Гумусовыми кислотами» называют, взятые вместе, гуминовые и фульвокислоты. Гуминовые вещества подразделяются на 3 составляющие: гумин – неизвлекаемый остаток, не растворимый ни в щелочах, ни в кислотах; гуминовые кислоты – фракция, растворимая только в щелочах; фульвокислоты – фракция, растворимая и в щелочах, и в кислотах.

## **2.2. Исследование возможности применения нетрадиционных гуминовых препаратов в качестве экологически безопасных стимуляторов роста и развития растений методами лабораторного фитотестирования**

### **2.2.1. Лабораторное фитотестирование препарата «Cavita Biocomplex» с использованием семян различных тест-культур**

В рамках исследования возможности применения препарата «Cavita Biocomplex» в качестве стимулятора роста и развития растений было проведено фитотестирование его водного раствора с концентрацией 3% в лабораторных условиях на семенах высших растений, принадлежащих к разным семействам: зерновые, капустные и бобовые.

Были отобраны семена овса посевного (*Avena sativa L.*), пшеницы озимой (*Triticum aestivum*), кукурузы сахарной (*Zea mays*), горчицы сарептской (*Brássica júncea*), фасоли белой и фасоли пестрой (*Phaseolus coccineus*). Семена хранили при комнатной температуре в бумажных пакетах.

Проращивание семян осуществлялось в стеклянных чашках Петри диаметром 10 см, высотой 1,5 см. На двойной слой рулонной фильтровальной бумаги равномерно укладывали семена овса, пшеницы и горчицы из расчета 100 семян на чашку Петри; фасоли белой, пестрой, кукурузы сахарной – 50 семян на чашку.

В каждую чашку Петри наливали по 5 мл исследуемого 3%-ного водного раствора препарата. Для приготовления растворов использовали дистиллированную воду, которая выступала и в качестве контроля.

Затем чашки Петри помещали в термостат на установленное время при температуре  $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$  и следили за проращением семян по изменению длины проростков, которую определяли на шестые, десятые и четырнадцатые сутки. Схема лабораторного эксперимента представлена в таблице 5.

**Таблица 5** – Схема лабораторного эксперимента

№ п/п	Наименование тест-культур	Вариант	Определение длины проростков
1.	<b>Овес посевной</b> ( <i>Avena sativa L.</i> )	Контроль (Дистил. вода)	на 6-е, 10-е, 14-е сутки
		«Cavita Biocomplex» 3% р-р	
2.	<b>Пшеница озимая</b> ( <i>Triticum aestivum</i> )	Контроль (Дистил. вода)	на 6-е, 10-е, 14-е сутки
		«Cavita Biocomplex» 3% р-р	
3.	<b>Кукуруза сахарная</b> ( <i>Zea mays</i> )	Контроль (Дистил. вода)	на 6-е, 10-е, 14-е сутки
		«Cavita Biocomplex» 3% р-р	
4.	<b>Горчица сарептская</b> ( <i>Brássica juncea</i> )	Контроль (Дистил. вода)	на 6-е, 10-е, 14-е сутки
		«Cavita Biocomplex» 3% р-р	
5.	<b>Фасоль белая</b> ( <i>Phaseolus coccineus</i> )	Контроль (Дистил. вода)	на 6-е, 10-е, 14-е сутки
		«Cavita Biocomplex» 3% р-р	
6.	<b>Фасоль пестрая</b> ( <i>Phaseolus coccineus</i> )	Контроль (Дистил. вода)	на 6-е, 10-е, 14-е сутки
		«Cavita Biocomplex» 3% р-р	

По полученным данным оценивали стимулирующий эффект препарата по изменению коэффициента биологической активности, рассчитанного по увеличению проростка ( $\text{БА}_{\text{П}(3\%)}$ ) по формуле:  $\text{БА}_{\text{П}} = (l - l_1) * 100 / l_1$ , где  $l$  и  $l_1$  – это средние значения длины проростков семян под действием препарата и без него, соответственно [61]. Опыт проводился в пятикратной повторности.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием Microsoft Office Excel и программного пакета Statistica. Оценка достоверности полученных результатов проводилась на основе расчета критерия Стьюдента.

### 2.2.2. Выявление оптимального рабочего диапазона концентраций растворов препарата «Cavita Bioscomplex» для обработки растений методом двухэтапного фитотестирования

Для выявления оптимального диапазона концентраций растворов препарата «Cavita Bioscomplex» для обработки растений было проведено двухстадийное фитотестирование с использованием в качестве тест-культуры озимой пшеницы. В данном варианте метода на начальном этапе (3 и 5 сутки) осуществлялась оценка действия 1%, 3% и 5%-ных рабочих растворов препарата «Cavita Bioscomplex» при проращивании семян тест-культуры в чашках Петри в соответствии с ГОСТ 54221-2010 [61]. Затем осуществлялась оценка действия раствора препарата с оптимальной концентрацией на проростки, перенесенные в вегетационные сосуды с почвой. Схема лабораторного эксперимента представлена в таблице 6.

**Таблица 6** – Схема лабораторного двухстадийного фитотестирования (тест-культура - пшеница озимая (*Triticum aestivum*))

Вариант	1 этап (Чашки Петри)				2 этап (Вегетационные сосуды)	
	Среднее количество проросших семян, шт		Средняя длина корня, см		Средняя длина стеблей проростков, см	
<b>Контроль</b>	на 3-й день	на 5-й день	на 3-й день	на 5-й день	на 14-й день	на 28-й день
<b>1% р-р препарата</b>	на 3-й день	на 5-й день	на 3-й день	на 5-й день	на 14-й день	на 28-й день
<b>3% р-р препарата</b>	на 3-й день	на 5-й день	на 3-й день	на 5-й день	на 14-й день	на 28-й день
<b>5% р-р препарата</b>	на 3-й день	на 5-й день	на 3-й день	на 5-й день	на 14-й день	на 28-й день

Для определения влияния препарата на прорастание семян на двойной слой рулонной фильтровальной бумаги, пропитанной соответствующим раствором и помещенной в чашки Петри, равномерно укладывали семена озимой пшеницы из расчета 50 семян на 1 чашку. В каждую чашку наливали по 5 мл исследуемого водного раствора препарата. Для приготовления растворов использовали дистиллированную воду, которая выступала и в качестве контроля. Затем чашки Петри помещали в термостат на установленное время при температуре  $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ . На третьи и пятые сутки определяли количество проросших семян и длину корней проростка. По полученным данным вычисляли увеличение всхожести семян под действием 1 и 3%-ных растворов препарата по отношению к контролю ( $\Delta\text{Б}_{\text{ГП}(1\%)}$  и  $\Delta\text{Б}_{\text{ГП}(3\%)}$  соответственно), а также коэффициенты биологической активности исследуемых растворов препарата по увеличению длины корней ( $\text{БА}_{\text{К}(1\%)}$  и  $\text{БА}_{\text{К}(3\%)}$ ) по формуле:  $\text{БА}_{\text{К}} = (l - l_1) * 100 / l_1$ , где  $l$  и  $l_1$  – это средние значения длины корней проростков озимой пшеницы под действием препарата и без него, соответственно ГОСТ 54221-2010 [61]. Опыт проводился в пятикратной повторности.

Затем по 25 проросших семян из варианта опыта с 3%-ной концентрацией раствора препарата были помещены в вегетационные сосуды с серой лесной почвой (по 200 г почвы в сосуде). В опытный вариант приливали по 50 мл рабочих растворов препарата «Cavita Biocomplex» с 3% концентрацией. В контрольные сосуды приливали 50 мл дистиллированной воды. Опыт проводили в трехкратной повторности. Ежедневно вели наблюдения за ходом исследования и поддерживали одинаковый уровень увлажненности почвы в вегетационных сосудах. На 14 и 28 день от начала опыта определяли высоту контрольных и опытных растений. По полученным результатам рассчитывали коэффициенты биологической активности 3%-го раствора препарата по увеличению длины стеблей ( $\text{БА}_{\text{С}(3\%)}$ ) по формуле:  $\text{БА}_{\text{С}} = (l_2 - l_3) * 100 / l_3$ , где  $l_2$  и  $l_3$  – это средние значения длины стеблей проростков озимой пшеницы под действием препарата и без него, соответственно.

## **2.3. Исследование возможности применения нетрадиционных гуминовых препаратов на основе гидрозоль активированного торфа для экологически безопасного и ресурсосберегающего увеличения продуктивности растений в полевых условиях**

### **2.3.1. Изучение влияния нетрадиционных гуминовых препаратов на продуктивность и некоторые морфобиологические показатели урожайности озимой пшеницы в микрополевом опыте**

Влияние применения биопрепаратов серии «Кавита – Биокомплекс» на продуктивность культуры озимой пшеницы сорта *Московская 39*, некоторые морфобиологические показатели урожая и качества зерна изучалось в микрополевом опыте, который проводился на серых лесных почвах на территории Агробиостанции КГУ (Курская область) в 2013-2014 гг.

Опыт был заложен методом полной рендомизации, то есть полностью случайное размещение вариантов на участке. Повторность 3-кратная, размер делянок составил 2×2 м. Все операции при проведении опыта (обработка почвы, посев, полив растений) выполнялись вручную. Высеивалась озимая пшеница сорта *Московская 39*.

Озимая пшеница сорта *Московская-39* уникальный сорт по сочетанию высокой урожайности с высоким качеством зерна, впервые созданный для получения продовольственного зерна в условиях Центрального региона РФ. Разновидность эритроспермум. Сорт среднеспелый, вегетационный период 305–308 дней. Зимостойкость и морозоустойчивость на уровне стандарта. Высота растений 91–100 см. Куст промежуточный, соломина полая, средней толщины, флаговый лист имеет восковой налет. Колос веретеновидный, средней плотности, белый, ости прямые длиной 6–7 см. Зерно красное, удлиненно-яйцевидной формы. Масса 1000 зерен – 34–42 г. Схема опыта была основана на изучении действия трех препаратов: «Cavita Biocomplex», «Cavita Biocomplex Plus», «Cavita Biocomplex Plus 2», совместно и отдельно (Табл. 7). Общий вид опытной площадки представлен на рисунке 7.

**Таблица 7** – Схема опыта на территории Агробиостанции КГУ по испытанию эффективности препаратов серии «Кавита – Биоконкомплекс» на продуктивность озимой пшеницы сорта *Московская-39*

<b>1</b> Контроль (10 л воды)	<b>2</b> «Cavita Biocomplex Plus» в 10 л воды (100 мл)	<b>3</b> «Cavita Biocomplex Plus 2» в 10 л воды (100 мл)
<b>4</b> «Cavita Biocomplex Plus 2»+ «Cavita Biocomplex Plus» в 10 л воды (50мл+50мл)	<b>5</b> «Cavita Biocomplex» в 10 л воды (100 мл)	<b>6</b> «Cavita Biocomplex Plus 2»+«Cavita Biocomplex Plus» в 10 л воды (50мл+50мл)
<b>7</b> «Cavita Biocomplex Plus» в 10 л воды (100 мл)	<b>8</b> «Cavita Biocomplex» + «Cavita Biocomplex Plus 2» в 10 л воды (50мл+50мл)	<b>9</b> Контроль (10 л воды)
<b>10</b> «Cavita Biocomplex» + «Cavita Biocomplex Plus 2» в 10 л воды (50мл+50мл)	<b>11</b> «Cavita Biocomplex Plus 2» в 10 л воды (100 мл)	<b>12</b> «Cavita Biocomplex Plus» в 10 л воды (100 мл)
<b>13</b> «Cavita Biocomplex» в 10 л воды (100 мл)	<b>14</b> Контроль (10 л воды)	<b>15</b> «Cavita Biocomplex» в 10 л воды (100 мл)
<b>16</b> «Cavita Biocomplex Plus 2» в 10 л воды (100 мл)	<b>17</b> «Cavita Biocomplex Plus 2» + «Cavita Biocomplex Plus» в 10 л воды (50мл+50мл)	<b>18</b> «Cavita Biocomplex» + «Cavita Biocomplex Plus 2» в 10 л воды (50мл+50мл)



**Рисунок 7** – Общий вид опытной площадки

Обработка посевов пшеницы препаратами заключалась в поливе растений на опытных делянках их 1%-ми рабочими растворами. Расход рабочих растворов составлял 10 л на делянку. Обработка проводилась

дважды – в фазу весеннего кущения и в фазу выхода в трубку. Растения на контрольных делянках поливались водой. Способ обработки посевов препаратами путем влагозарядкового полива был выбран в связи с засухой в начале вегетации в 2014 году (рис. 8, 9). Применение некорневой обработки как приема в условиях дефицита увлажнения мог привести к депрессии и снижению показателей продуктивности растений. Укос урожая и его учет проводился вручную.



**Рисунок 8** – Образование трещин в период начала весеннего кущения озимой пшеницы, апрель 2014 г.



**Рисунок 9** – Образование трещин в период весеннего кущения озимой пшеницы, май 2014 г.

В ходе опыта по стандартным методикам оценивались ряд морфобиологических показателей и показателей продуктивности растений: высота растений, число колосоносных стеблей на м<sup>2</sup>, количество соломы, урожайность зерна и общая продуктивность. Определялись также основные показатели качества получаемого в ходе опыта зерна озимой пшеницы сорта *Московская-39*: энергия прорастания, натура, стекловидность, масса 1000 зерен, содержание клейковины, белка, азота, фосфора, калия.

- Энергия прорастания зерна определялась по российскому стандарту ГОСТ 10968-88 «Зерно. Методы определения энергии прорастания и способности прорастания», и рассчитывалась как отношение количества зерен, проросших за 72 ч, к общему количеству анализируемых зерен, выраженное в процентах [54].

- Содержание клейковины – определение количества клейковины осуществлялось путем выделения сырой клейковины из теста, замешенного из размолотого зерна и питьевой воды и прошедшего отлежку в воде для гидратации и образования внутри- и межмолекулярных связей в веществах, образующих клейковину (главным образом, белках - глиадине и глютенине), с последующим отмыванием ладонями (ручной способ) с помощью воды, удаляющей водорастворимые вещества из теста, а также крахмал и отруби. Полученная клейковина взвешивалась, и рассчитывалось процентное содержание сырой клейковины относительно пробы сухого размолотого зерна. (ГОСТ Р 54478-2011 Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице). Наличие клейковины определяет хлебопекарное качество муки, полученной из зерна пшеницы. Так, в соответствии с ГОСТом 9353-90 [63] зерно высшего класса должно содержать 36% клейковины; 1-го – 32%; 2-го – 28%; 3-го – 23% и 4-го – 18%.

- Натура определялась по российскому стандарту ГОСТ 10840-64 «Зерно. Методы определения натуры» [64] – это масса 1 литра зерна в граммах. Определение натуры производилось после выделения из средней пробы зерна крупных примесей просеиванием его на сите с диаметром

отверстий 6 мм. Натура зерна пшеницы корреляционно связана со стекловидностью ( $r=0,75$ ), крупностью ( $0,65 \leq r \leq 0,85$ ). Натура зерна влияет на выход муки при сортовых помолах пшеницы. Однако эти данные нельзя использовать для количественных расчетов, вследствие сложной зависимости натуры зерна и его технологических свойств от других факторов. Известно из научной литературы изменение натуры зерна под влиянием влажности. В связи с отсутствием больших объемов зерновой продукции при определении натуры в мелкоделяночном опыте использовалась пурка объемом 250 мл.

- Стекловидность определялась по российскому стандарту ГОСТ 10987-76 «Зерно. Методы определения стекловидности» [55], как общая стекловидность, т.е. сумма количества полностью стекловидных зерен и 50% количества частично стекловидных зерен:

$$O_c = P_c + \frac{\varphi_c}{2}, \quad \text{где } P_c \text{ – количество полностью стекловидного зерна;}$$

$\varphi_c$  - количество частично стекловидного зерна.

Стекловидность зерна является признаком, характеризующим строение эндосперма и его консистенцию. Стекловидность – важнейший показатель качества зерна, так как она характеризует определённые технологические свойства зерна, его целевое назначение. Стекловидная пшеница особенно ценится для производства макаронной муки.

- Масса 1000 зёрен показывает количество вещества, содержащегося в зерне, его крупность. Для определения массы 1000 зёрен навеска после удаления сорной и зерновой примесей смешивалась и распределялась ровным слоем в виде квадрата, который делился по диагонали на четыре треугольника и из каждых двух противоположных треугольников отсчитывались пробы по 500 целых зёрен (по 250 зёрен от каждого треугольника). Массу обеих проб складывалась и получалась масса 1000 зёрен. Разница между массами двух проб не должна превышать 5% их среднего значения. Естественно, что более крупное зерно имеет и более

высокую массу 1000 зёрен. В крупном зерне количество оболочек и масса зародыша по отношению к ядру наименьшие. Масса 1000 зёрен является также хорошим показателем качества семенного материала. Крупные семена дают более мощные и более продуктивные растения (ГОСТ 10842-89 «Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян») [56].

- Содержание белка в зерне определялось с использованием стандартизированного метода, основанного на методе Кьельдаля. Сущность метода заключается в минерализации органического вещества серной кислотой в присутствии катализатора с образованием сульфата аммония, разрушении сульфата аммония щелочью с выделением аммиака, отгонке аммиака водяным паром в раствор серной или борной кислоты с последующим титрованием (ГОСТ 10846-91 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка») [53].

- Содержание фосфора в зерне определялось по российскому стандарту ГОСТ 26657-97 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора» [58]. Сущность метода заключается в минерализации пробы способом сухого или мокрого озоления с образованием солей ортофосфорной кислоты и последующем фотометрическом определении фосфора в виде окрашенного в желтый цвет соединения - гетерополикислоты, образующегося в кислой среде в присутствии ванадат- и молибдатионов.

- Содержания калия в зерне определялась в соответствии с ГОСТом 30504-97 [59] пламенно-фотометрическим методом, который основан на зависимости между интенсивностью излучения в пламени возбуждаемого элемента и концентрацией его в растворе. При определении содержания калия используют спектральные линии 766,5 и 769,9 нм [59].

Кроме этого, для контроля за накоплением нитратов в биомассе озимой пшеницы проводилось их определение с использованием фотометрического метода [112].

### **2.3.2. Изучение влияния базового препарата серии на основе гидрозоля активированного торфа на продуктивность растений и пути ее формирования в производственном опыте**

Для выявления путей формирования продуктивности озимой пшеницы под влиянием применения препарата был проведен полевой производственный опыт на черноземе типичном в фермерском хозяйстве “Хлебороб” Золотухинского района Курской области в течение 3-х лет (2014-2016 гг). Сорт озимой пшеницы – *Мироновская 808*.

На полях ежегодно закладывались два опытных блока по 15 площадок в каждом, площадью 4 м<sup>2</sup>. Площадки были отмечены колышками для учета урожая озимой пшеницы сорта *Мироновская 808*. В первом блоке растения обрабатывались однократно в фазе весеннего кущения, во втором блоке – в фазе осеннего кущения 1%-ным раствором биопрепарата «Cavita Bioscomplex» с помощью ранцевого опрыскивателя.

Необходимо отметить, что опытные варианты были разбросаны по полям методом случайного распределения (полной рендомизацией), а контрольные делянки находились в непосредственной близости (примыкали) к обработанным препаратом делянкам с целью исключения влияния пестроты почвенного плодородия (метод стандартных сравнений) как фактора, влияющего на урожайность.

В ходе опыта, с одной стороны, изучалась отзывчивость культуры на обработку препаратом в различные периоды ее развития (опытные блоки 1 и 2), с другой стороны, исследовалась связь урожайности и качественных показателей зерна озимой пшеницы с содержанием элементов питания в слое почвы 0–50 см (опытный блок 1).

Для количественного определения морфобиологических показателей посевов озимой пшеницы, показателей качества ее зерна и агрохимических показателей почвы при исследовании использовались стандартные методики.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Statistica.

Сорт озимой пшеницы *Мироновская 808* был выведен в Мироновском НИИ селекции и семеноводства пшеницы групповым и массовым отбором из исходного материала, полученного направленным изменением яровой мягкой пшеницы Артемовка в озимую. Разновидность лютенсценс (*Lutescens*). Колосья безостые, белые. Чешуи неопушенные, зерно красное. Зерно овально-удлиненное, стекловидное и полустекловидное, крупное и очень крупное (масса 1000 зерен 38-50 г), бороздка средняя. Окраска зерна фенолом коричневая. Сорт устойчив к осыпанию. Сорт среднеспелый, созревает за 300-310 дней. Зимостойкость выше средней – хорошая. Засухоустойчивость выше средней. Бурой ржавчиной поражается в средней степени. Хлебопекарные качества хорошие. Сильная пшеница – улучшитель. Сорт высокоурожайный и очень пластичный. По данным государственного сортоиспытания, урожай зерна во многие годы превышает 50 ц/га.

### **2.3.3. Оценка возможности экологически обоснованного воздействия нетрадиционным гуминовым биопрепаратом на агроэкосистему при интенсивном возделывании сельскохозяйственных растений**

Для того чтобы оценить возможность экологизации и биологизации интенсивного возделывания сельскохозяйственных растений при использовании нетрадиционного гуминового биопрепарата, были проведены производственные испытания его эффективности при внекорневом применении при возделывании озимой пшеницы сорта «*Золушка*» в условиях Орловского района Ростовской области – крупнейшего озимосеющего региона Российской Федерации.

### 2.3.3.1. Почвенно-климатические условия района исследований

Орловский район относится к юго-восточной части Ростовской области, которая расположена на двух разновозрастных тектонических платформах (до палеозойской Русской и палеозойской Скифской), на которых в течение всего геологического времени развития накапливался осадочный чехол из горных пород, податливых разрушению. Это и предопределило характер и особенности рельефа территории - равнинный с небольшими абсолютными значениями высот от 3 до 300 м над уровнем моря. Район находится в пределах Манычской низменности, которая простирается с северо-запада на юго-восток на 430 км, занимая промежуточное положение между Русской равниной и Кавказом. На западе она переходит в долину реки Дон, а на востоке - в Прикаспийскую низменность. С севера расположено Сало-Манычское поднятие, на юге пологий склон Ставропольской возвышенности. (**Приложение №1**, рис. 1 – Физическая карта Ростовской области) [162].

Южная часть Ростовской области менее возвышена, чем северная. Рельеф юго-восточных районов представлен денудационно-эрозионной равниной Сало-Манычского водораздела, которая сложена аллювиальными озерно-морскими отложениями, содержащими легкорастворимые соли.

Основные материнские породы – карбонатные лессовидные суглинки и глины. Встречаются карбонатно-сульфатные лессовидные глины и суглинки. В настоящее время к современным рельефообразующим процессам на территории юго-восточной части области относятся водные эрозионно-аккумулятивные процессы, а также процессы ветровой эрозии [87]. Средневзвешенный уклон местности –  $0,74^0$ , глубина местного базиса эрозии 70 м и лишь на южном склоне Сало-Манычского водораздела достигает 100 м. Расчленённость территории овражно-балочной сетью –  $0,27 \text{ км/км}^2$ . Водной эрозии подвержено 25,5 % территории, дефлированных почв – 29,1%

Орловский район Ростовской области характеризуется умеренно-континентальным климатом и относится к очень жаркой и засушливой агроклиматической зоне. Лето жаркое, среднемесячная температура в июле  $+25^{\circ}\text{C}$ , максимальная  $+45 - 47^{\circ}\text{C}$ . Безморозный период в воздухе насчитывает 177-186 дней. Среднегодовое количество осадков 359 – 417 мм. По сезонам распределяются неравномерно. Для климата района характерны частые ветры. В теплый период сильные ветры иногда могут являться причиной суховеев и пыльных бурь.

В таблице 8 представлены метеорологические условия 2016-2017 сельскохозяйственного года по данным метеостанции в Зимовниках.

**Таблица 8** – Метеорологические условия 2016-17 сельскохозяйственного года

Месяц, год		Средняя температура, $^{\circ}\text{C}$		Температурный максимум	Средняя относ. влажность воздуха, %		Средняя месячная сумма осадков, мм		Число дней с осадками в месяце год, дн
		Многолетняя	Месяца года		Многолетняя	Месяца года	Многолетняя	Месяца года	
2016	Август	+24	+ 26	+13/+39	47	48	13	15	8
	Сентябрь	+17	+15	+3/+32	61	62	29	29	8
	Октябрь	+9	+7	-6/+25	75	73	21	22	7
	Ноябрь	+3	+2	-13/+18	84	84	19	41	14
	Декабрь	-1	-5	-21/+6	88	88	28	41	16
2017	Январь	-4	-3	-18/+5	88	89	27	19	16
	Февраль	-3	-4	-19/+14	86	82	25	43	16
	Март	+3	+5	-3/+14	79	72	31	32	12
	Апрель	+10	+10	-1/+24	66	64	17	33	11
	Май	+17	+16	+13/+27	64	60	43	31	8
	Июнь	+22	+21	+6/+34	58	60	36	93	14
	Июль	+25	+25	+12/+41	51	47	33	14	6
	Август	+24	+27	+13/+41	47	34	13	6	3

Начало осеннего периода рассматриваемого сельскохозяйственного года было типичным для этого региона и характеризовалось устойчивой теплой солнечной с легким ветром погодой с умеренно высокими температурами днем и прохладными ночами. Во второй половине осени и начале зимы отмечено значительно увеличенные, по сравнению со средним, числа выпавших осадков. Так, в ноябре средняя месячная сумма осадков превысила средние многолетние значения, характерные для этого месяца в

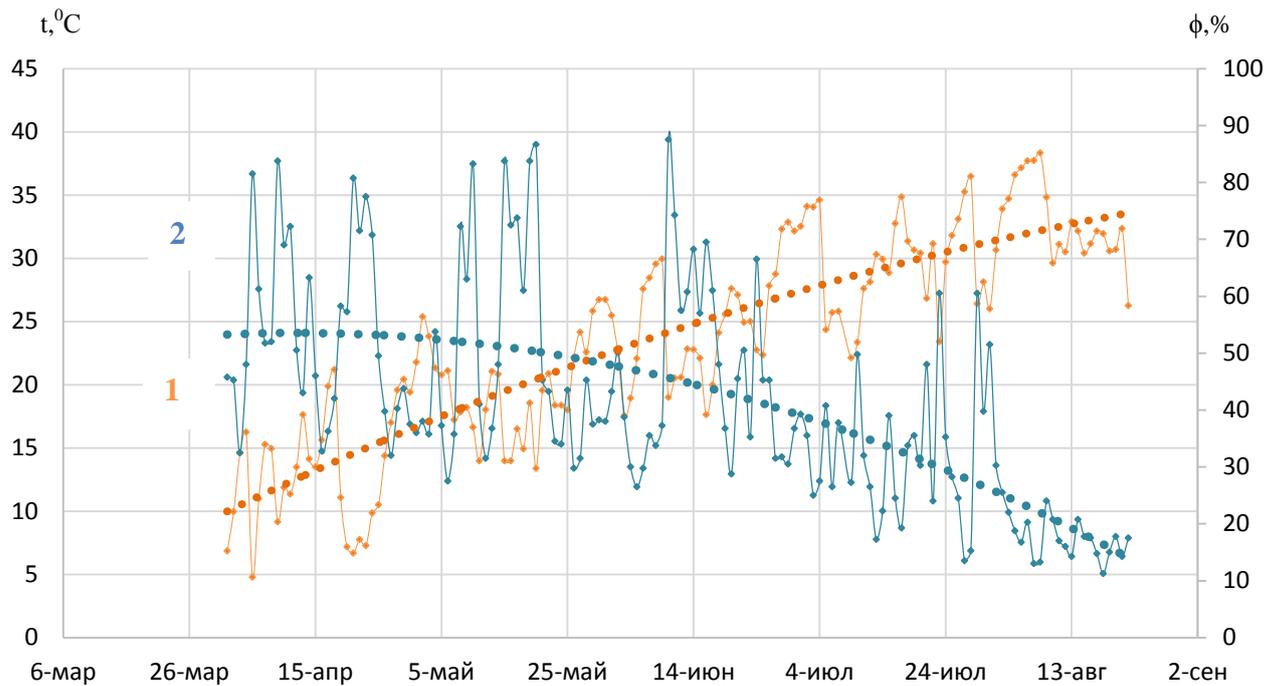
2,2 раза, а в декабре в 1,5 раза. Средние температуры месяцев этого периода были чуть ниже средних значений. Январь и февраль характеризовались типичной погодой, однако в феврале наблюдалось увеличение числа выпавших осадков в 1,7 раза. Известно, что увеличение числа осадков в осенний и зимний период в сочетании с невысокими температурами способствует насыщению почвенной среды влагой, что благоприятным образом сказывается на состоянии посевов озимых сельскохозяйственных культур в начале периода весенней вегетации.

Весна, которая начинается с переходом средней суточной температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  в сторону повышения, была ранняя типичная с быстрым нарастанием тепла. Весна региона характеризуется периодической засушливостью. В рассматриваемом году весна отличалась более равномерным распределением осадков за счет повышения их выпадения в апреле в 1,9 раза.

Лето, которое наступает с переходом средней суточной температуры через  $15^{\circ}\text{C}$  в сторону повышения, началось в последних числах апреля. Средняя продолжительность лета 134 дня. Основную роль в формировании погоды играют радиационные факторы и связанная с ними трансформация воздушных масс. Для Орловского района характерна теплая и сухая погода. Летом облачность уменьшается, развивается конвекция, осадки носят кратковременный характер, часто сопровождаются грозами и выпадением града. Максимум осадков выпадает в июне-июле месяце. Количество осадков недостаточно при наличии высокой температуры. Возможны бездождевые периоды, длительность которых может быть 1,5-2 месяца. Лето 2017 года характеризовалось крайним недостаточным увлажнением в июле и августе при высоких температурах воздуха. Так, средняя месячная сумма осадков была снижена в июле в 2,3 раза, а в августе в 2,1 раза по отношению к средним показателям тех же месяцев, а средняя относительная влажность воздуха снижена в 1,1 и 1,4 раза. При этом в августе имелись дни с рекордно низкими значениями относительной влажности воздуха в 9% в сочетании с

высокими температурами воздуха и сильным ветром, которые можно охарактеризовать как засушливые.

На рассматриваемой территории в летний период всегда наблюдается четко выраженный внутригодовой ход относительной влажности, обратный ходу температуры воздуха, но летом 2017 года данные тренды были максимально выражены (рис. 10).



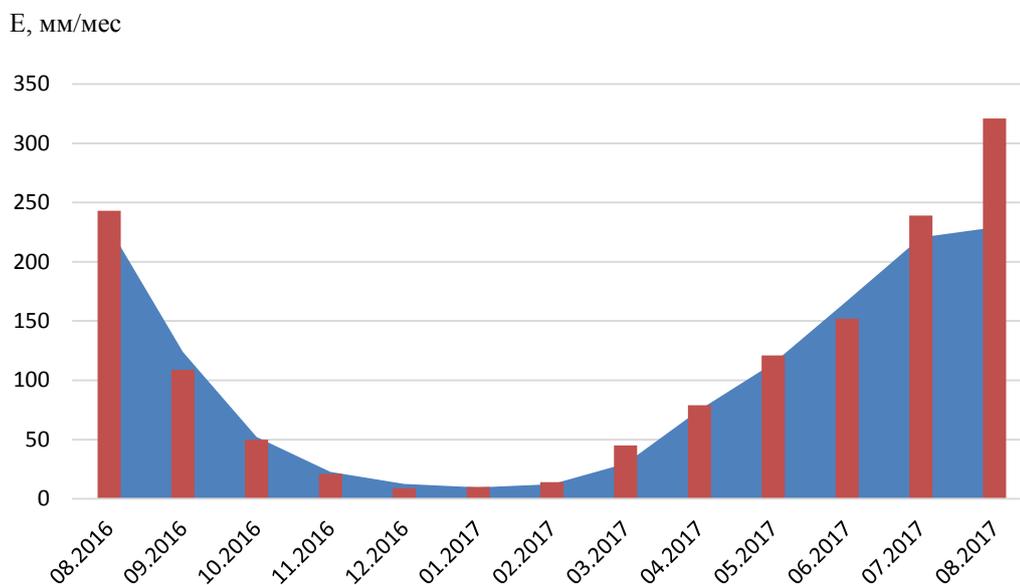
**Рисунок 10** – Динамика изменения средневенных температуры (1) и относительной влажности воздуха (2) в течение вегетационного периода 2017 года

Анализ особенностей метеорологических условий 2016-2017 сельскохозяйственного года выявил, что лимитирующим фактором, влияющим на продуктивность сельскохозяйственных культур при соблюдении принятых норм проведения всех технологических мероприятий при их возделывании, является водообеспеченность растений. Так как одним из показателей, связанных с водообеспеченностью, является испаряемость, интерес представляет рассмотрение характера изменения среднемесячной испаряемости в течение сельскохозяйственного года.

Для расчёта среднемесячной испаряемости ( $E$ , мм/мес) была выбрана формула Н.Н. Иванова, так как, согласно исследованиям А.Р. Константинова и К.И. Харченко, она дает удовлетворительно согласующиеся с экспериментальными данными результаты для степной зоны [84; 126].

$E=0,0018 (25+T)^2(100-A)$ , где  $T$  и  $A$  – соответственно среднемесячная температура и относительная влажность воздуха.

На рисунке 11 представлена динамика изменений среднемесячной испаряемости, рассчитанной как по результатам многолетних наблюдений, так и по результатам наблюдений в рассматриваемом сельскохозяйственном году.



**Рисунок 11** – Динамика изменений среднемесячной испаряемости, рассчитанная по результатам многолетних наблюдений (син. ряд) и по результатам наблюдений в 2016-2017 сельскохозяйственном году (кр. ряд)

Показано, что для июля и особенно августа 2017 года характерна повышенная физическая испаряемость с почвенной и листовой поверхности, что обуславливает в сочетании с суховеями формирование почвенной засухи (рис. 12).



**Рисунок 12** – Глыбистая структура почвы после поверхностной обработки сельскохозяйственной техникой

На территории Орловского района представлены основные массивы темно-каштановых почв. Отличительные черты почвенного покрова – большая часть темно-каштановых почв в той или иной степени солонцеваты, слабо гумусированны, имеют сравнительно небольшую мощность почвенного профиля, характеризуются неблагоприятным водно-воздушным режимом, а также большой комплексностью и пестротой, обусловленной значительным присутствием в них солонцов (**Приложение №1**, рис. 2 – Типы почв в Ростовской области).

Однако в годы с достаточным увлажнением и равномерным распределением осадков в течение вегетационного периода на них получают довольно высокие урожаи. Поэтому, в настоящее время, территория, занимаемая каштановыми почвами, распахана или представлена залежью разного возраста и сбоями, а поэтому занята вторичной растительностью.

Водно-физические свойства темно-каштановой почвы характеризуются сравнительно невысокой полевой влагоемкостью (26%) и высокой влажностью завядания (13–16%), которая мешает созданию значительных запасов продуктивной влаги для растений в почве. Запасы продуктивной

влаги в весенний период 2017 г составили 1314 м<sup>3</sup>/га, что свидетельствует о хорошей влагозарядке в осенне-весенний период 2016-2017 сельскохозяйственного года (рис. 13).



**Рисунок 13** – Определение водно-физических свойств почв опытного поля методом малых заливных площадок

По данным агрохимического анализа последнего тура обследования почвы полей хозяйства, на которых проводились производственные испытания, характеризуются низким содержанием гумуса, нейтральными значениями рН, низкими содержаниями подвижных форм азота, цинка, кобальта, магния и серы, средним содержанием меди и очень высоким содержанием калия. Емкость поглощения оснований составляет в среднем 13-35 мг-экв на 100г почвы, в составе поглощенных оснований преобладают кальций и магний (85-97% емкости обмена), поглощенный натрий составляет 3-15%. Низкое содержание гумуса, тяжелый гранулометрический состав почв (тяжелый суглинок), а также высокое содержание в почвенно-поглощающем комплексе легкорастворимых солей способствует возникновению неблагоприятных реологических свойств почв, т.е. высокой потенциальной способности почвы к набуханию и усадке. Внешне это проявляется в полигональной трещиноватости почвы, которая приводит к

непроизводительной потере влаги за счет испарения не только с поверхности почвы, но и через образующиеся трещины из более глубоких слоев почвенного профиля. Происходит общее иссушение почвенной толщи. Трещины также приводят к нарушению и разрыву корневой системы растений, что также сказывается в дальнейшем как на росте и развитии вегетационной массы растений, так и на урожайности и качестве зерна возделываемой культуры.

### **2.3.3.2. Схема разработки отдельных элементов технологии интенсивного возделывания пшеницы с применением биопрепарата на основе гидрозоля активированного торфа**

Разработка отдельных элементов технологии применения новых экологически безопасных стимуляторов роста и развития растений при возделывании пшеницы в условиях Ростовской области для повышения ее урожайности является актуальной задачей.

Производственный полевой эксперимент проводился в условиях Ростовской области, Орловского района, п. Волочаевский на опытных участках производственных полей ООО «Солнечное» с 04.04.2017 по 15.10.2017, а именно на производственном поле №38, общей площадью 60 га, и предусматривал проведение однократной внекорневой обработки посевов озимой пшеницы сорта «Золушка» 0,5% и 1,0%-ными рабочими растворами препарата на основе гидрозоля активированного торфа «Cavita Biocomplex» путем опрыскивания растений.

Сорт «Золушка» рекомендован для возделывания в Ростовской области. Средняя урожайность в регионе – 48,3 ц/га. Достоинствами сорта является его зимостойкость, устойчивость к полеганию, засухоустойчивость, хорошие хлебопекарные качества зерна. Сорт «Золушка» предназначен для выше среднего и высокого уровня плодородия. Высота растений – 70-100 см. Колос цилиндрический, белый, безостый, средней длины 8-10 см, средней

плотности, на 10 см длины 23 колоска. В верхней части колоса короткие остевидные отростки. Зерно выполненное, стекловидное, красное, бороздка средняя. Масса 1000 зерен 44-53 грамм, натура зерна 780-820 г/л.

Озимая пшеница – основная сельскохозяйственная культура сельхозпроизводителей Ростовской области, которая является крупнейшим озимосеющим регионом страны. Удельный вес этой культуры в каждом хозяйстве этого региона составляет 40-50% площади посевов всех зерновых, а ее удельный вес в валовых сборах зерна – около 70%.

Преимущество озимой перед яровой пшеницей заключается в лучшем использовании биоклиматического потенциала районов возделывания, поскольку культура до наступления зимы кустится и развивает глубоко проникающую корневую систему. Трогаясь ранней весной в рост, озимая пшеница лучше использует влагу, накопленную за осенне-зимний период, и вегетация ее заканчивается раньше, чем яровых культур, что позволяет избежать или снизить действие губительных суховеев, наблюдаемых достаточно часто в этом регионе. Однако биологические преимущества этой культуры проявляются только при хорошем развитии с осени. При поздних всходах растения не успевают раскуститься и хорошо укорениться. При благоприятных условиях фаза кущения формируется с осени в слое почвы 0-40 см, а отдельные корни проникают до глубины 70-100 см. Лучшим из предшественников является черный пар, который даже в неблагоприятные годы обеспечивает нормальное развитие озимой пшеницы с осени и успешную перезимовку.

Система удобрений складывается из основного, припосевного внесения и вегетативных подкормок в течение роста и развития растений. Полная реализация потенциала каждого сорта в формировании высокого урожая озимой пшеницы возможна только при соблюдении всех требований питания в соответствии с биологическими особенностями культуры и в определенные фазы развития растений.

Посев пшеницы проводился в конце сентября 2016 г. В соответствии с технологической картой, принятой в хозяйстве. В начале нового вегетационного сезона (20 марта 2017 г) была проведена корневая подкормка посевов озимой пшеницы карбамидом в дозе 20 кг/га путем разбрасывания его по поверхности Румами.

Схема опыта, размер опытных и контрольного участков, представлены на рисунке 14.



**Рисунок 14** – Схема расположения опытно-производственных делянок на поле №38

Первая внекорневая обработка посевов пшеницы была проведена 15 апреля 2017 г. раствором, содержащим мочевины (20 кг/га), сульфат аммония (10 кг/га), гербицид избирательного действия «Лонтрел Гранд» (действующее вещество клопиралид 75% в виде калиевой соли) (10 г/га), послевсходовый селективный гербицид «Примадонна» (действующие вещества 2,4-Д кислота (в виде сложного 2-этилгексилового эфира) – 200 г/л и флорасулам-3,7 г/л) (0,5 л/га) и адьювант для повышения биологической эффективности действия гербицидов, прилипатель «ЭТД-90» (0,38 л/га). В

состав рабочего раствора препарат на основе гидрозола активированного торфа не вводился на данном этапе работ. (Рис. 15-17).



**Рисунок 15** – Состояние посевов озимой пшеницы после перезимовки



**Рисунок 16** – Оценка состояния корневой системы озимой пшеницы



**Рисунок 17** – Первая внекорневая обработка посевов озимой пшеницы в фазу кущения

Внекорневая обработка озимой пшеницы сорт «Золушка» препаратом «Cavita Bioscomplex» в соответствии со схемой опыта была проведена 4 мая 2017 г в фазу выхода в трубку.

Биопрепарат «Cavita Bioscomplex» применялся совместно с другими препаратами, используемыми в хозяйстве для внекорневой обработки на данном этапе (табл. 9). Приготовление рабочих растворов для опрыскивания проводилось по принятой схеме.

Согласно схеме исследований, для проведения внекорневой обработки в состав указанной рабочей жидкости дополнительно вводился биопрепарат «Cavita Bioscomplex» до получения нужных концентраций по исследуемому компоненту. При этом разведение концентрата было двухэтапное.

- Первый этап – приготовление маточного раствора. Необходимый объем концентрата разводился в воде в соотношении 2:3, затем полученный раствор пропускался через нетканый материал.

- Второй этап – приготовление рабочего раствора. Необходимый объем профильтрованного маточного раствора заправлялся в рабочий бак опрыскивателя, в котором уже находился базовая рабочая жидкость.

**Таблица 9** – Состав рабочего раствора, использованного для внекорневой обработки побегов озимой пшеницы в фазу выхода в трубку

№	Наименование препарата	Действующее компоненты	Концентрация в рабочем растворе	Расход
1	Мочевина	Карбамид	6,3%	12 кг/га
2	Сульфат аммония	Сульфат аммония	3,2%	6 кг/га
4	Жидкое органоминеральное удобрение «ПОЛИДОН БИО»	Азот-10 г/л Сумма гуминовых веществ-25 г/л Фосфор -10 г/л Калий – 10 г/л Сера – 300 мг/л Магний – 500 мг/л Кальций – 500 мг/л Железо – 500 мг/л Марганец – 200 мг/л Медь – 100 мг/л Цинк – 500 мг/л Бор – 100 мг/л Молибден – 300 мг/л Кобальт – 15 мг/л Йод – 15 мг/л Кремний – 50 мг/л Аминокислоты – 3 г/л Карбогидраты -5 г/л	0,005% 0,013% 0,005% 0,005% 0,00016% 0,00026% 0,00026% 0,00026% 0,00011% 0,00005% 0,00026% 0,00005% 0,00016% 0,000008% 0,000008% 0,000025% 0,0016% 0,0025%	1 л/га

Опрыскивание проводилось при помощи опрыскивателя ОП 24-3000. Расход рабочего раствора 190 л/га. Площадь обработанных участков определялась по навигатору, установленному в кабине трактора МТЗ-80 (**Приложение № 2**, рис. 1 – заправка емкости агрегата для внекорневого внесения рабочим раствором биопрепарата «Cavita Biocomplex»; рис.2 – вторая внекорневая обработка посевов озимой пшеницы в фазу трубкования с использованием биопрепарата «Cavita Biocomplex»).

08 июня 2017 г проводилось определение промежуточной продуктивности (урожайности) с использованием метода укоса и контрольное слежение за морфометрическими показателями посевов пшеницы (фаза налива, молочной спелости). На площади 1 кв. м.

выкашивалась зеленая масса посевов. Полученный сноп в свежесрезанном состоянии взвешивался при помощи весов Portable Electronic Scale III класса точности (рис. 18-21). Кроме того, определению подлежали средние высоты стеблей и длин колосьев.



**Рисунок 18** – Слежение за биометрическими показателями посевов озимой пшеницы сорта «Золушка» на контрольной производственной делянке №1 с использованием метода укоса



**Рисунок 19** – Слежение за биометрическими показателями посевов озимой пшеницы сорта «Золушка» на опытно-производственной делянке №2, подвергавшейся двум внекорневым обработкам 0,5%-ным р-ром препарата «Cavita Biocomplex» с использованием метода укоса



**Рисунок 20** – Слежение за биометрическими показателями посевов озимой пшеницы сорта «Золушка» на опытно-производственной делянке №3, подвергавшейся двум внекорневым обработкам 1%-ным р-ром препарата «Cavita Biocomplex» с использованием метода укос



**Рисунок 21** – Снопы, сформированные после выкашивания зеленой массы посевов с опытно-производственных делянок 1-3 на площади 1 кв.м. и предназначенные для взвешивания

Сбор и учет урожая пшеницы сорта «Золушка» проводился 06 и 07 июля 2017 г. в фазу полной спелости методом прямого комбайнирования с использованием комбайна ACROS-585.

Для исследования влияния обработок рабочими растворами биопрепарата «Cavita Biocomplex» на качество собранного зерна был проведен отбор проб зерна с каждой опытной делянки в соответствии с рекомендациями, изложенными в ГОСТ 13586.3-83. Затем проводился анализ отобранных проб в лабораторных условиях для определения основных показателей качества.

### 2.3.3.3. Методика экономической оценки эффективности вариантов технологии возделывания озимой пшеницы с применением нетрадиционного экологически безопасного препарата

Для объективной оценки эффективности различных элементов и технологий возделывания сельскохозяйственных культур целесообразно использовать экономический анализ. В нем сопоставляются стоимость полученной товарной продукции при выращивании той либо иной культуры с затратами на ее возделывание, что имеет важное значение в условиях рыночной экономики.

Экономическая оценка эффективности вариантов технологии возделывания озимой пшеницы с применением нетрадиционного экологически безопасного препарата проводилась по таким показателям, как чистый доход, рентабельность, окупаемость дополнительных затрат, годовой экономический эффект от внедрения приема [26; 76].

**Абсолютная величина чистого дохода** определялась по формуле:

$$ЧД = Ц - МД,$$

где  $ЧД$  – абсолютная величина чистого дохода, руб.;  $Ц$  – стоимость произведенной продукции в ценах реализации, руб.;  $МД$  – материально-денежные затраты произведенной продукции, руб.

**Уровень рентабельности** измерялся как отношение чистого дохода  $ЧД$  к материально-денежным затратам произведенной продукции  $МД$ :

$$P = ЧД / МД * 100\%,$$

где  $P$  – уровень рентабельности, %;  $ЧД$  – абсолютная величина чистого дохода, руб.;  $МД$  – материально-денежные затраты произведенной продукции, руб.

**Величину годового экономического эффекта** определяли по формуле:

$$Э = [(В_{пн} - МД_{н}) - (В_{пб} - МД_{б})] * Q,$$

где  $Э$  – величина годового экономического эффекта, руб.;  $В_{пн}$  и  $В_{пб}$  – стоимость валовой продукции соответственно в новом и базовом вариантах,

руб.;  $MДн$  и  $MДб$  – материально-денежные затраты произведенной продукции в новом и базовом вариантах, руб.;  $Q$  – объем внедрения при новом варианте, ц.

Данный показатель показывает разницу полученного чистого дохода по новому и базовому вариантам технологии.

**Окупаемость дополнительных затрат** при внедрении приема рассчитывается по формуле:  $Одз = (Внн - Внб) / Дв$

где  $Одз$ - окупаемость дополнительных затрат;  $Внн$ ,  $Внб$  - стоимость полученного урожая в новом и базовом вариантах соответственно, руб.;  $Дв$  - дополнительные вложения по новому варианту, показывающие разницу между материально-денежными затратами произведенной продукции по новому варианту в сравнении с базовым ( $Дв = MДн - MДб$ ), руб.

**Годовой экономический эффект от внедрения приема** рассчитывался по формуле:  $Эг = Внн - Внб - Дв$ ,

где  $Эг$  - годовой экономический эффект от внедрения приема, руб. с 1 га;

Показатели рассчитывались по трём вариантам:

1. Без обработок препаратом;
2. Обработка 0,5 % раствором препарата «Cavita Biocomplex»;
3. Обработка 1 % раствором препарата «Cavita Biocomplex».

Стоимость удобрений, семян, средств химической защиты растений и изучаемых препаратов взята в рублях в ценах по состоянию на 1 марта 2016-2017 года. Стоимость зерна определялась по цене продовольственной пшеницы третьего класса (8350 руб/т).

## **2.4. Методика оценки возможности использования нетрадиционных гуминовых препаратов для утилизации органических отходов**

Использование биопрепарата «Cavita Bioscomplex» для утилизации органических отходов сахарной промышленности проводили методом компостирования. Компостирование является одним из направлений, которое решает проблемы переработки отходов растениеводства и животноводства и переводит их в экологически безопасные органические биоудобрения.

Для компостирования в исследовании использовался свекловичный жом, образующийся при переработки сахарной свеклы на ООО "Сахар Золотухино" (Курская область). При использовании его в качестве органического удобрения в почвенно-биотическом комплексе, наряду с неоспоримыми положительными моментами (поступление органического вещества и элементов питания растений), возможно развитие ряда негативных процессов, например, подкисление почв и микробиологический стресс, что в совокупности может привести к созданию неблагоприятных условий для произрастания сельскохозяйственных культур. Однако технология применения жома предполагает перемешивание его определенного количества с пахотным слоем почвы. Предполагается, что токсичность субстрата, состоящего из жома и почвы, будет ниже, чем токсичность собственно жома, и во многом будет определяться соотношением компостируемых материалов.

Для оптимизации состава компоста изучался ряд компостных добавок.

1. Дрожжевая затравка. Приготовление дрожжевой затравки для использования в исследовании проводили следующим образом: свекловичный жом в состоянии естественной влажности (95% по массе) смешивали с сухими дрожжами (5% по массе), заливали 10-ти кратным по массе количеством воды, нагревали до температуры 35 °С и выдерживали при этой температуре в течение 3 ч., затем добавляли сахарный дефека́т,

являющийся источником фосфора (в дефекате его 0,5–0,6%), масса дефеката равна массе жома. Далее полученную затравку применяли для разложения свекловичного жома путем смешивания 1 его части с 10 частям жома.

2. Вермикомпост сухой (ООО «Терра Мастер», г. Новосибирск).

3. Нетрадиционные гуминовые препараты на основе гидрозоля активированного торфа серии «Cavita Biocomplex» (раздел 2.1.).

Программа исследований предусматривала изучение компостов с различным сочетанием компонентов. В качестве почвенной прослойки при компостировании использовался чернозем типичный. Опыт выполнялся в лабораторных условиях согласно схеме, представленной в таблице 10. Повторность опыта трехкратная.

**Таблица 10 – Схема опыта**

Обозначение варианта	Состав компоста
<b>К<sub>0</sub></b>	Почва – чернозем типичный
<b>К</b>	Почва 150 г + жом 150 г
<b>Д1</b>	Почва 150 г + жом 150 г + дрожжевая затравка 15 г
<b>Д2</b>	Почва 150 г + жом 150 г + дрожжевая затравка 15 г + 20 г сухого вермикомпоста
<b>Д3</b>	Почва 150 г + жом 150 г + биопрепарат «Cavita Biocomplex» 50г
<b>Д4</b>	Почва 150 г + жом 150 г + биопрепарат «Cavita Biocomplex Plus 2» 20 г
<b>Д5</b>	Почва 150 г + жом 150 г + биопрепарат «Cavita Biocomplex Plus» 10 г
<b>Д6</b>	Почва 150 г + жом 150 г + дрожжевая затравка 15 г + биопрепарат «Cavita Biocomplex Plus 2» 20 г

Ингредиенты помещали в специальные стеклянные сосуды, перемешивали, и помещали в термостат при постоянном поддержании оптимальной температуры (27 – 29 °С) и влажности на 28 дней. Влажность компостной смеси поддерживалась на уровне 25-27%. После завершения компостирования определяли агрохимические показатели полученного субстрата с использованием общепринятых методик [40; 41; 43; 44; 45; 46].

### **Глава 3. Результаты исследования возможности применения нетрадиционных гуминовых препаратов для регулирования продукционного процесса растений в условиях агробиоценозов и скорости разложения органических отходов**

#### **3.1. Возможность применения нетрадиционных гуминовых препаратов на основе гидрозоля активированного торфа в качестве экологически безопасных стимуляторов роста и развития растений**

##### **3.1.1. Результаты лабораторного фитотестирования биопрепарата «Cavita Biocomplex»**

В рамках исследования возможности применения препарата «Cavita Biocomplex» в качестве стимулятора роста и развития растений было проведено фитотестирование его водного раствора с концентрацией 3% в лабораторных условиях на семенах высших растений, принадлежащих к разным семействам: зерновые, капустные и бобовые. Схема и методика лабораторного эксперимента описана в **разделе 2.2.1.**

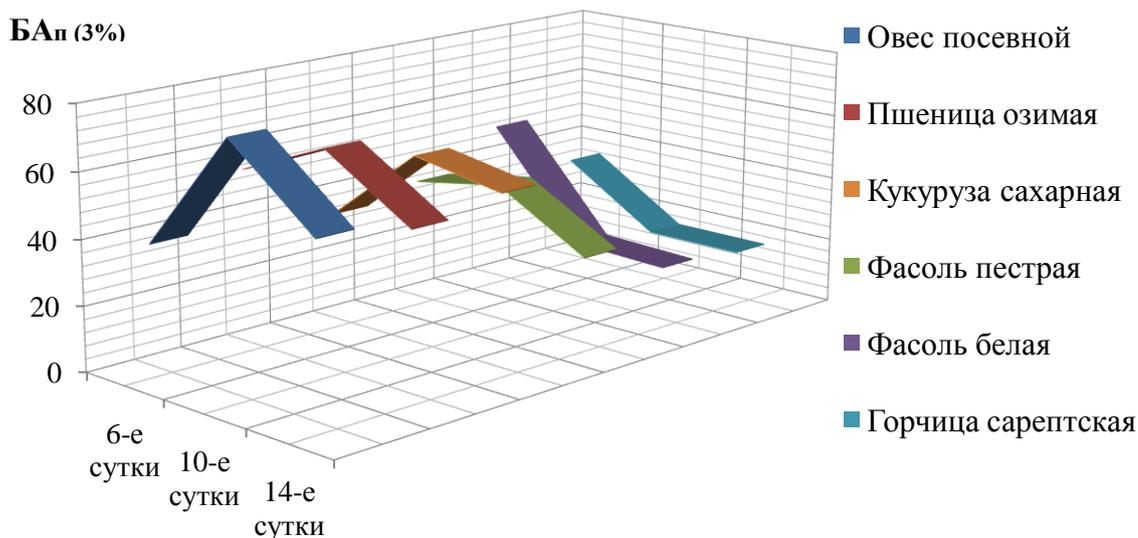
Результаты фитотестирования водного раствора препарата «Cavita Biocomplex» с концентрацией 3% представлены в таблице 11.

Анализ результатов, представленных в таблице, показал, что гуминовый препарат «Cavita Biocomplex» обладает выраженным достоверным стимулирующим действием на рост проростков всех использованных в опыте тест-культур (табл.11; **Приложение №2** – рис.1-.3). При этом по интенсивности отклика тест-культуры можно выстроить в ряд: Пшеница озимая > Овес посевной > Кукуруза сахарная > Фасоль пестрая > Фасоль белая > Горчица сарептская.

**Таблица 11**– Стимулирующий эффект препарата «Cavita Bioscomplex»  
на проростки семян в различные сроки

Название культуры	6- сутки			10-е сутки			14-е сутки		
	Длина проростка, см		Стимулирующий эффект, %, БА <sub>П(3%)</sub>	Длина проростка, см		Стимулирующий эффект <sub>2</sub> , %, БА <sub>П(3%)</sub>	Длина проростка, см		Стимулирующий эффект <sub>2</sub> , %, БА <sub>П(3%)</sub>
	Конт роль	Опыт		Конт роль	Опыт		Контр оль	Опыт	
<b>Овес посевной</b> ( <i>Avena sativa L.</i> )	4,73	6,63	<b>40</b>	6,73	11,92	<b>77</b>	7,83	12,14	<b>55</b>
<b>Пшеница озимая</b> ( <i>Triticum aestivum</i> )	4,33	6,73	<b>56</b>	6,86	11,55	<b>68</b>	8,20	13,2	<b>61</b>
<b>Кукуруза сахарная</b> ( <i>Zea mays</i> )	7,63	10,41	<b>36</b>	9,72	15,63	<b>60</b>	10,80	16,74	<b>55</b>
<b>Горчица сарептская</b> ( <i>Brássica juncea</i> )	5,16	7,0	<b>35</b>	7,80	9,14	<b>17</b>	8,62	10,15	<b>17</b>
<b>Фасоль белая</b> ( <i>Phaseolus coccineus</i> )	2,49	3,78	<b>52</b>	3,69	4,45	<b>20</b>	4,77	5,71	<b>19</b>
<b>Фасоль пестрая</b> ( <i>Phaseolus coccineus</i> )	3,32	4,71	<b>40</b>	3,77	5,49	<b>45</b>	4,55	5,88	<b>29</b>

Таким образом, наибольший стимулирующий эффект по завершении опыта наблюдался на варианте с культурой озимой пшеницы (БА<sub>П(3%)</sub>=61%), а наименьший отклик продемонстрировала культура горчица саперская (БА<sub>П(3%)</sub>=17%). При этом отмечается четкая тенденция снижения интенсивности стимулирующего эффекта к 14 дню тестирования при первичном его усилении (рис. 22).



**Рисунок 22** – Изменение коэффициента биологической активности в ходе лабораторного фитотестирования

Снижение интенсивности отклика растения на действия препарата может объясняться тем, что к 14 дню происходит истощение запасов питательных веществ семян, а дополнительное поступление макроэлементов в систему не предусмотрено условиями проведения тестирования.

Данное обстоятельство дает возможность предположить, что при помещении семян в вегетационные сосуды с субстратом, в достаточном количестве обеспеченным необходимыми питательными элементами для роста и развития растений, снижения интенсивности отклика на действие препарата наблюдаться не будет. Для проверки высказанного предположения было проведено двухстадийное фитотестирование нетрадиционного гуминового препарата на основе гидрозоля активированного торфа.

### 3.1.2. Результаты выявления оптимального рабочего диапазона концентраций растворов препарата «Cavita Bioscomplex» для обработки растений методом двухэтапного фитотестирования

Для выявления оптимального диапазона концентраций растворов препарата «Cavita Bioscomplex» для обработки растений было проведено двухстадийное фитотестирование с использованием в качестве тест-культуры озимой пшеницы. Выбор культуры озимой пшеницы в качестве тест-объекта был обусловлен ее высокой отзывчивостью на действие препарата по результатам предыдущего исследования (раздел 3.1.1). В данном варианте метода на начальном этапе осуществлялась оценка действия 1%, 3% и 5%-ных рабочих растворов препарата при проращивании семян тест-культуры в чашках Петри в соответствии с ГОСТ 54221-2010 [61]. Затем осуществлялась оценка действия раствора препарата с оптимальной концентрацией на проростки, перенесенные в вегетационные сосуды с почвой. Схема и методика лабораторного эксперимента описана в **разделе 2.2.2.**

Результаты фитотестирования водных растворов препарата «Cavita Bioscomplex» с концентрацией 1%, 3% и 5% представлены в таблице 12.

(приложение №3 – Рис.1 Заправка емкости агрегата для внекорневого внесения рабочим раствором биопрепарата «Cavita Bioscomplex»; Рис.2 Вторая внекорневая обработка посевов озимой пшеницы в фазу трубкования с использованием биопрепарата «Cavita Bioscomplex»).

**Таблица 12** – Отклик культуры озимой пшеницы на применение препарата «Cavita Bioscomplex», полученный на первом этапе фитотестирования

Вариант	Среднее количество проросших семян, шт		Средняя длина корня, см	
	На 3-й день	На 5-й день	На 3-й день	На 5-й день
Контроль	43,4	5,3	0,82	0,84
1% р-р препарата	46,2	3,1	1,01	1,36
3% р-р препарата	47,0	3,2	1,05	1,28
5% р-р препарата	45,3	4,4	0,95	1,03
НСР05	2,3	1,0	0,12	0,32

Установлено, что исследуемые рабочие растворы препарата «Cavita Biosomplex» значительно интенсифицируют процессы прорастания семян озимой пшеницы, что более отчётливо наблюдается на третий день исследования. При этом наиболее выраженное влияние оказывает 3% раствор ( $\Delta B_{ГП(3\%)}$  и  $\Delta B_{ГП(1\%)}$ , рассчитанные на третий день по результатам тестирования, составляют 7,2% и 5,6%, соответственно).

Анализ коэффициентов биологической активности исследуемых растворов препарата, рассчитанный по увеличению длины корней, показал, что препарат значительно стимулирует рост и развитие проростков озимой пшеницы, причем эффект нарастает со временем экспонирования ( $BA_{К(1\%)}$  и  $BA_{К(3\%)}$  на 5-й день исследования составили 54,3 и 61,9%, соответственно).

Второй этап фитотестирования с использованием вегетационных сосудов с серой лесной почвой проводили на варианте с 3%-ым раствором препарата, как наилучшим. Результаты, полученные в ходе второго этапа фитотестирования, представлены в таблице 13.

**Таблица 13** – Отклик культуры озимой пшеницы на применение препарата «Cavita Biosomplex», полученный на втором этапе фитотестирования

Вариант	Средняя длина стеблей проростков, см	
	На 14-й день	На 28-й день
Контроль	12,3	15,2
3% р-р препарата	19,3	26,3
НСР05	3,7	7,8

Анализ коэффициентов биологической активности 3%-го раствора препарата, рассчитанных по увеличению длины стеблей, показал, что внесение препарата в почву также значительно влияет на рост и развитие стеблей проростков озимой пшеницы. К 28 дню эксперимента стимулирующий эффект нарастает ( $BA_{К(3\%)}$  на 14-й день составил 56,9%, а  $BA_{К(3\%)}$  на 28-й уже 73,0%).

Полученные в рамках лабораторного исследования результаты, свидетельствуют о способности препарата «Cavita Biosomplex» выступать в качестве стимулятора роста и развития культуры озимой пшеницы.

## **3.2. Возможность применения нетрадиционных гуминовых препаратов на основе гидрозоля активированного торфа для экологически безопасного и ресурсосберегающего увеличения продуктивности растений**

### **3.2.1. Влияние нетрадиционных гуминовых препаратов на продуктивность и некоторые морфобиологические показатели урожайности озимой пшеницы**

Утверждение о том, что нетрадиционные гуминовые препараты на основе гидрозоля активированного торфа могут являться стимуляторами роста и развития растений, подтверждается данными, полученными в ходе исследований в микрополевым опыте. Методика проведения исследований описана в разделе **2.3.1.**

Озимая пшеница принадлежит к числу наиболее ценных и высокоурожайных зерновых культур. Зерно богато клейковинными белками и другими ценными веществами, поэтому оно широко используется для продовольственных целей: солома и мякина имеют большую кормовую ценность. Общая продуктивность складывается из общей массы соломы и зерна. Укос урожая и его учет проводился вручную. Зерновая продукция складывается из числа колосоносных стеблей, среднего числа зерен в колосе и массы 100 зерен.

В таблице 17 представлены показатели общей продуктивности, а также урожайность зерна и соломы озимой пшеницы сорта *Московская-39*.

Как следует из данных таблицы 14, наибольшая прибавка по сравнению с контролем урожая зерна пшеницы получена на вариантах с применением «Cavita Biocomplex» (2 вариант) и «Cavita Biocomplex Plus 2» (4 вариант), которая составила 0,7-0,8 т/га. Причем действие данных биопрепаратов практически равнозначно (между ними нет достоверных различий).

**Таблица 14** – Влияние биопрепаратов серии «Кавита – Биоконплекс» при раздельном и совместном применении на продуктивность озимой пшеницы сорта *Московская-39* (среднее по вариантам)

№	Вариант	Продуктив- ность общая, т/га	Урожай- ность зерна, т/га	Солом ат/га
1	Контроль	6,1	2,6	3,4
2	«Cavita Biocomplex» (торф)	7,0	3,4	3,7
3	«Cavita Biocomplex Plus» (вытяжка помета)	6,9	3,1	3,8
4	«Cavita Biocomplex Plus 2» (вермикомпост)	7,9	3,4	4,5
5	«Cavita biocomplex plus 2» + «Cavita Biocomplex Plus» (Вермикомпост+вытяжка помета)	7,1	3,1	4,0
6	«Cavita Biocomplex Plus 2» + «Cavita Biocomplex» (Вермикомпост+ торф)	6,9	2,9	4,0
НСР05		0,4	0,2	0,4

Вместе с тем, «Cavita Biocomplex Plus 2» за счет добавления вермикомпоста гораздо богаче по содержанию элементов питания по сравнению «Cavita Biocomplex», что свидетельствует об изменении механизмов действия на растения препаратов, подвергаемых кавитационной обработке. Причем, при применении препарата «Cavita Biocomplex» не происходит наращивание непродуктивной биомассы (соломы), при большем формировании товарной продукции (зерна). Однако совместное применение препаратов привело к снижению продуктивности как общей, так и урожайности зерна.

Данные урожайности подтверждаются фенологическими наблюдениями, представленными в таблице 15.

Как следует из данных таблицы 15, прибавка урожая зерна озимой пшеницы в варианте 2 происходит за счет увеличения числа колосоносных стеблей – 461 по сравнению с 406 на контрольном варианте.

Необходимо отметить, что высота растений при этом осталась на уровне контроля, в то время как в вариантах 3-6, где наблюдалось повышенное содержание нитратного азота, высота растений достоверно превышала контрольные значения.

**Таблица 15** – Влияние биопрепаратов серии «Кавита – Биокомплекс» при раздельном и совместном применении на фенологические и физиологические показатели культуры озимой пшеницы

№ №	Вариант	Количество колосоносных стеблей на м <sup>2</sup>	Высота растений, см	Энергия прорастания, %
1	Контроль	406	46,7	92
2	«Cavita Biocomplex» (торф)	<b>461</b>	46,6	97
3	«Cavita Biocomplex Plus» (вытяжка помета)	405	49,6	89
4	«Cavita Biocomplex Plus 2» (вермикомпост)	447	49,1	97
5	«Cavita Biocomplex Plus 2» + «Cavita Biocomplex Plus» (Вермикомпост+вытяжка помета)	453	48,4	98
6	«Cavita Biocomplex Plus 2» + «Cavita Biocomplex» (Вермикомпост+ торф)	458	49,8	98
НСР05		27,0	1,5	3,0

Энергия прорастания на всех вариантах опыта достоверно превышала контрольные значения, однако между самими вариантами (2-6) достоверных различий не наблюдалось, за исключением варианта с применением «Cavita Biocomplex Plus», где энергия прорастания зерна была ниже, чем на контроле.

Данные по содержанию клейковины, натуре и стекловидности зерна озимой пшеницы сорта *Московская-39* представлены в таблице 16.

Как следует из данных таблицы 16, в варианте с использованием биопрепарата «Cavita Biocomplex» по сравнению с контролем содержание клейковины в зерне увеличилось на 8,4%. Увеличение клейковины также наблюдалось в вариантах 4-6 на 4-5 %.

На варианте с применением препарата «Cavita Biocomplex» произошло также увеличение натуре зерна на 64 г, существенное увеличение содержания клейковины наблюдалось также в 5 варианте совместного применения биопрепаратов «Cavita Biocomplex» и «Cavita Biocomplex Plus 2» на 54 г.

**Таблица 16** – Влияние препаратов серии «Кавита-Биокомплекс» при раздельном и совместном применении на основные показатели качества зерна озимой пшеницы сорта *Московская-39*

№	Вариант	Содержание клейковины %	Натура зерна, г	Стекловид- ность зерна, %
1	Контроль	24,2	690	30,5
2	«Cavita Biocomplex»(торф)	32,6	754	34,0
3	«Cavita Biocomplex Plus» (вытяжка помета)	25,0	732	35,8
4	«Cavita Biocomplex Plus 2» (вермикомпост)	29,5	720	38,2
5	«Cavita Biocomplex Plus 2» + «Cavita Biocomplex Plus» (Вермикомпост+вытяжка помета)	28,1	745	38,0
6	«Cavita Biocomplex Plus 2» + «Cavita Biocomplex» (Вермикомпост+ торф)	28,9	-	35,8
НСР05		3,2	27	4,3

Стекловидность зерна в целом была невысокой из-за сортовых особенностей пшеницы. Увеличение стекловидности зерна на варианте «Cavita Biocomplex» не было достоверным по сравнению с контролем (разница меньше НСР05). Достоверное увеличение стекловидности на 8% наблюдалось на вариантах либо в чистом виде, либо совместно с другим биопрепаратом серии применялся препарат «Cavita Biocomplex Plus 2» (варианты 4 и 5).

В таблице 17 представлены данные по крупности зерна озимой пшеницы сорта *Московская-39*, которая определяется массой 1000 семян.

Необходимо отметить, что масса 1000 зерен на варианте и применение препарата «Cavita Biocomplex» на 5 г превосходит контрольные значения, что свидетельствует об увеличении крупности зерна на данном варианте. Масса 1000 зёрен показывает количество вещества, содержащегося в зерне, его крупность. Естественно, что более крупное зерно имеет и более высокую массу 1000 зёрен. В крупном зерне количество оболочек и масса зародыша по отношению к ядру наименьшие. Масса 1000 зёрен является также

хорошим показателем качества семенного материала. Крупные семена дают более мощные и более продуктивные растения.

Необходимо отметить, что содержание белка в опыте было довольно стабильным с отсутствием достоверных отличий по вариантам (табл. 17).

**Таблица 17** – Влияние препаратов серии «Кавита-Биокомплекс» при раздельном и совместном применении на крупность, содержание нитратов и белка в зерне озимой пшеницы сорта *Московская-39*

№	Вариант	Масса 1000 зерен, г	Содержание нитратов в биомассе озимой пшеницы, мг/кг	Содержание белка в зерне озимой пшеницы, %
1	Контроль	42,8	160	12,2
2	«Cavita Biocomplex»(торф)	47,7	228	12,2
3	«Cavita Biocomplex Plus» (вытяжка помета)	44,9	136	12,2
4	«Cavita Biocomplex Plus 2» (вермикомпост)	44,6	336	12,1
5	«Cavita Biocomplex Plus 2» + «Cavita Biocomplex Plus» (Вермикомпост+вытяжка помета)	46,3	197	12,3
6	«Cavita Biocomplex Plus 2» + «Cavita Biocomplex» (Вермикомпост+ торф)	40,6	133	11,9
НСР05		1,4	27,8	0,4

С целью установления скорости поступления азота в растения озимой пшеницы сорта *Московская-39* после обработки посевов препаратами серии «Кавита-Биокомплекс» в период весеннего кушения (через неделю после обработки) были отобраны образцы зеленой массы озимой пшеницы, в которых определялся нитратный азот. Как следует из данных, представленных в таблице 17, наибольшее содержание нитратного азота наблюдалось в варианте с применением «Cavita Biocomplex Plus 2», что, видимо, связано с повышенным содержанием азота в данном продукте, обогащенном вермикомпостом. В то же время в варианте 2 с применением препарата «Cavita Biocomplex» также наблюдалось значительное по

сравнению с контролем увеличение содержания нитратного азота в зеленой массе пшеницы.

**Таблица 18** – Влияние препаратов серии «Кавита-Биокомплекс» при раздельном и совместном применении на содержание основных элементов питания в зерне пшеницы сорта *Московская-39*

№	Вариант	Содержание элементов питания в зерне, %		
		N	P	K
1	Контроль	1,75	0,80	0,50
2	«Cavita Biocomplex»(торф)	1,73	<b>0,84</b>	<b>0,53</b>
3	«Cavita Biocomplex Plus» (вытяжка помета)	1,74	0,81	0,50
4	«Cavita Biocomplex Plus 2» (вермикомпост)	1,75	0,80	0,51
5	«Cavita Biocomplex Plus 2» + «Cavita Biocomplex Plus» (Вермикомпост+вытяжка помета)	1,76	0,81	0,50
6	«Cavita Biocomplex Plus 2» + «Cavita Biocomplex» (Вермикомпост+ торф)	1,70	0,80	0,49
НСР05		0,04	0,03	0,03

Содержание элементов питания в зерне озимой пшеницы сорта *Московская-39* (табл. 18) свидетельствует о некотором достоверном увеличении фосфора в зерне пшеницы на варианте «Cavita Biocomplex» на 0,04% (при НСР<sub>05</sub> = 0,03), наблюдается также некоторое увеличение на данном варианте калия на уровне НСР<sub>05</sub>. Содержание азота, как и белка достоверно не отличается по вариантам опыта. Повышение содержания таких элементов, как фосфор и калий, в зерне на варианте «Cavita Biocomplex» свидетельствует об усилении поглощения данных элементов из почвы под влиянием биопрепарата.

### 3.2.2. Влияние базового препарата серии на основе гидрозоля активированного торфа на продуктивность растений в агроценозе озимой пшеницы и пути ее формирования

Для изучения влияния биопрепарата «Cavita Biosomplex» на показатели продуктивности озимой пшеницы сорта *Мироновская 808* был проведен полевой производственный опыт, схема опыта представлена в разделе 2.3.2.

Результаты проведенного трехлетнего производственного исследования на черноземе типичном в фермерском хозяйстве «Хлебороб» Золотухинского района Курской области, направленного на более подробное изучение особенностей формирования продуктивности озимой пшеницы под влиянием биопрепарата «Cavita Biosomplex», представлены в таблице 19.

**Таблица 19** – Зависимость урожайности и качества зерна озимой пшеницы сорта «Мироновская 808» от некорневого применения биопрепарата «Cavita Biosomplex» на разных этапах развития посевов

Показатели продуктивности и качества зерна	Опытный блок 1 (обработка в фазу весеннего кущения)			Опытный блок 2 (обработка в фазу осеннего кущения)		
	Контроль	Опыт	НСР <sub>05</sub>	Контроль	Опыт	НСР <sub>05</sub>
Урожайность, т/га	2,96	3,78	0,23	3,10	3,30	0,25
Масса 1000 зерен, г	29,0	37,0	8,1	30,8	41,5	10,1
Натура зерна, г	700	760	7,2	720	790	32
Стекловидность зерна, %	70,2	80,8	20	72,4	87,8	11,2
Содержание клейковины, %	20,6	23,7	2,1	19,4	28,5	7,3
ИДК	70	85	12	90	110	13
Сырой белок, %	10,8	14,3	1,5	12,1	13,4	2,3

Показано, что применение биопрепарата «Cavita Biosomplex» в период весеннего кущения оказывает более выраженное влияние на итоговую урожайность зерна озимой пшеницы (значимая прибавка к контролю 27,7%),

чем применение в период осеннего кущения (прибавка в 6,4% не значима). Обработки биопрепаратом положительно повлияли и на качество урожая. Наиболее чувствительны к обработкам оказались такие показатели качества зерна, как натура и содержание клейковины.

В ходе опыта также была охарактеризована связь урожайности и качественных показателей зерна озимой пшеницы с содержанием элементов питания в слое почвы 0–50 см (Табл. 20).

**Таблица 20** – Корреляционная связь урожайности и качественных показателей зерна озимой пшеницы сорта *Мироновская 808* с содержанием питательных веществ в слое почвы 0–50 см (2014-2016 гг)

Элементы питания	Коэффициенты корреляции (r)* характеризующие взаимосвязь показателей					
	Содержание элементов питания в почве – урожайность		Содержание элементов питания в почве -содержание белка в зерне		Содержание элементов питания в почве -содержание клейковины в зерне	
	Контроль	Опыт блок 1	Контроль	Опыт блок 1	Контроль	Опыт блок 1
N-NO <sub>3</sub>	0,34	<b>0,75</b>	0,68	<b>0,96</b>	<b>0,88</b>	<b>0,84</b>
N-NH <sub>4</sub>	0,32	0,60	0,46	0,46	0,34	0,59
N <sub>мин</sub>	<b>0,77</b>	<b>0,70</b>	<b>0,81</b>	<b>0,95</b>	<b>0,90</b>	<b>0,89</b>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,65	0,53	0,68	0,54	<b>0,78</b>	<b>0,78</b>
K <sub>2</sub> O	0,45	<b>0,80</b>	0,67	<b>0,87</b>	<b>0,75</b>	<b>0,98</b>
Cu	0,42	<b>0,85</b>	0,56	<b>0,75</b>	0,31	<b>0,95</b>
Zn	0,32	<b>0,72</b>	0,39	<b>0,72</b>	0,40	<b>0,87</b>
Mn	0,32	<b>0,68</b>	0,36	<b>0,83</b>	0,68	<b>0,82</b>

\* коэфф. r значим на 0,05 уровне

Анализ таблицы 20 показал, что как в контрольном, так и в опытном вариантах наблюдается высокая зависимость урожайности и показателей качества зерна от содержания минерального азота в почве. Подобная зависимость наблюдается и от содержания других макроэлементов (фосфора и калия) в почве. При этом данные связи характеризуются более высокими коэффициентами корреляции на опытном варианте по сравнению с

контролем, что говорит о способности препарата влиять на процессы усвоения макроэлементов из почвенной среды.

Также на фоне применения препарата «Cavita Biocomplex» наблюдается тесная положительная корреляционная зависимость урожайности и показателей качества зерна от содержания меди, марганца и цинка, особенно выраженная для связей между урожайностью зерна и содержанием подвижной меди ( $r=0,85$ ), содержанием марганца и цинка и содержанием клейковины ( $r = 0,82$ ;  $r = 0,87$ ). Это свидетельствует о способности препарат влиять и на процессы усвоения микроэлементов из почвенной среды.

Производственный опыт проводился на черноземах с высоким уровнем плодородия почв. Однако на контрольном варианте их использование (поглощение из почвы) не было столь эффективным, как при применении биопрепарата.

### **3.2.3. Результаты оценки возможности экологически обоснованного воздействия нетрадиционным гуминовым биопрепаратом на агроэкосистему при интенсивном возделывании сельскохозяйственных растений**

Схема, методика опыта, размер опытных и контрольного участков, представлены в разделе 2.3.3. Результаты оценки промежуточной продуктивности (урожайности) с использованием метода укоса и контрольного слежения за морфометрическими показателями посевов пшеницы (фаза налива, молочной спелости) представлены в таблице 21. Результаты оценки урожайности пшеницы представлены в таблице 22; (Приложение №4, рис. 1-4).

Таблица 21 – Результаты промеров

Схема опыта  Наименование показателя	Контроль	Варианты опыта	
	Без обработок препаратом	Обработка 0,5%-ным раствором препарата «Cavita Biocomplex»	Обработка 1%-ным раствором препарата «Cavita Biocomplex»
	1	2	3
Сырой вес биомассы пшеницы с 1-го кв.м, кг/ прибавка к контролю, %	3,27±0,14 — -	3,79±0,15 — 15,9	4,38±0,18 — 33,9
Общая высота растений, см	92,5±2,1	94,0±1,9	97,5±2,4
Длина колоса, см	8,5±0,6	8,5±0,8	8,8±0,5

Таблица 22 – Результаты оценки урожайности озимой пшеницы сорта «Золушка»

Варианты	S деленок, га	Урожайность, т/га	Прибавка урожая к контролю, т/га	Прибавка урожая к контролю, %
<b>Контроль (1)</b>	<b>10,4</b>	<b>4,8</b>		
<b>Опытная деланка 2</b> Внекорневая обработка 0,5%-ным раствором препарата	<b>15,3</b>	<b>6,0</b>	<b>1,1</b>	<b>15,9</b>
<b>Опытная деланка 3</b> Внекорневая обработка 1,0%-ным раствором	<b>5,3</b>	<b>6,5</b>	<b>1,7</b>	<b>35,1</b>
<b>НСР05</b>		<b>0,7</b>		

Внекорневая обработка 0,5 и 1%-ми рабочими растворами биопрепарата «Cavita Biocomplex» привела как к значимому увеличению сырой биомассы посевов пшеницы на 15,9 % и 33,9%, так и к значимому увеличению итоговой урожайности культуры озимой пшеницы сорта «Золушка» на 15,9% и 35,1%, соответственно.

Для исследования влияния обработок рабочими растворами биопрепарата «Cavita Biocomplex» на качество собранного зерна был проведен отбор проб зерна с каждой опытной деланки в соответствии с рекомендациями, изложенными в ГОСТ 13586.3-83 [65]. Затем проводился

анализ отобранных проб в лабораторных условиях для определения основных показателей качества. Результаты исследования влияния обработок рабочими растворами биопрепарата «Cavita Biocomplex» на качество собранного зерна представлены в таблице 23.

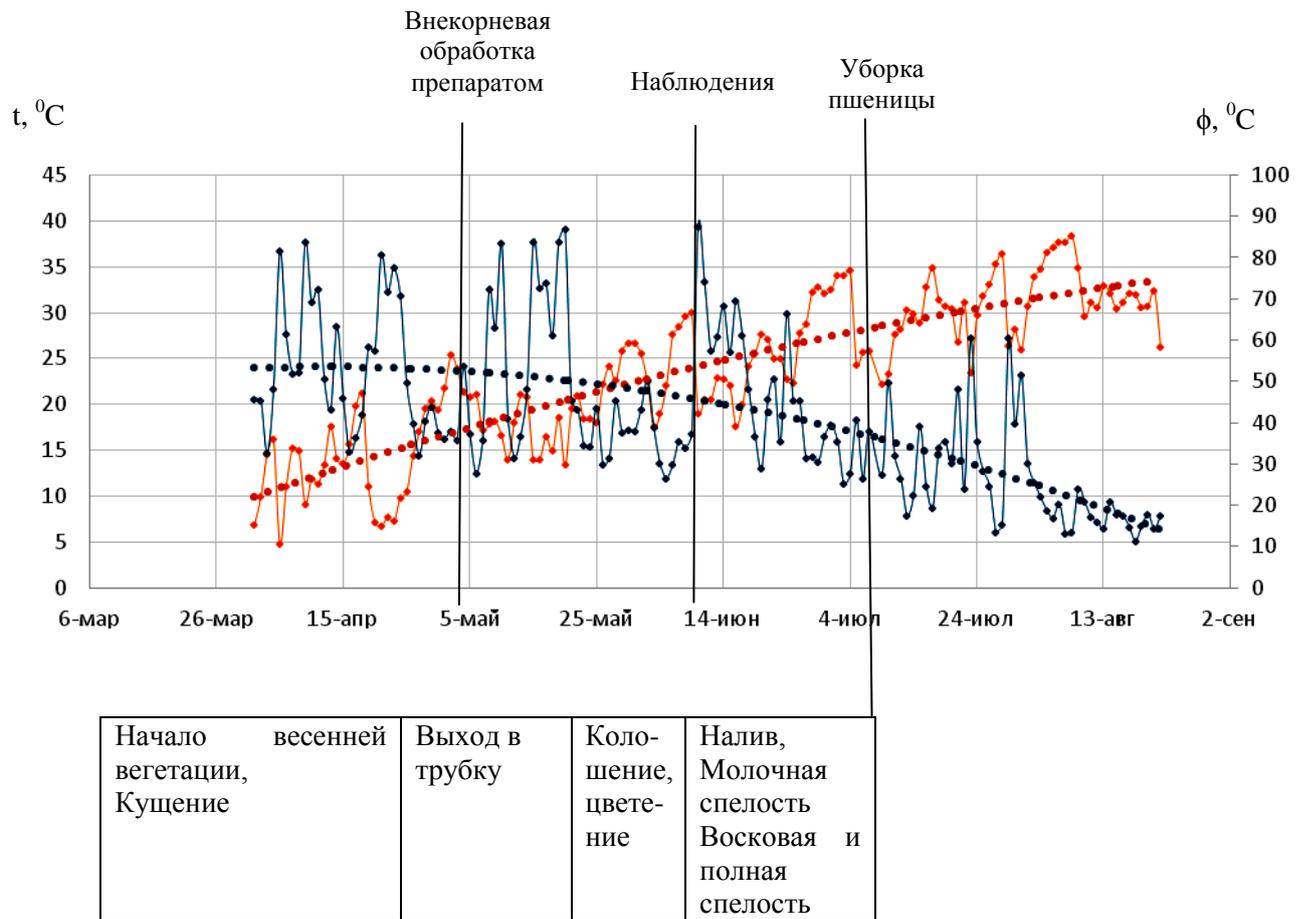
**Таблица 23** – Результаты определения параметров качества зерна озимой пшеницы сорта «Золушка»

Наименование показателя и НД на МВИ	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	Качество клейковины, е.п. ИДК	Натура, г/л	Стекловидность, %
	ГОСТ 10846-91	ГОСТ 54478-2011		ГОСТ Р 54895-2012	ГОСТ 10987-76
Вариант					
<b>Контроль</b>	10,8	25,6	75	795	39
<b>Опытная делянка 1</b>	11,5	22,6	82	893	36
<b>Опытная делянка 2</b>	11,8	22,6	81	842	40
<b>НСР05</b>	0,6	4,1	5,3	23,5	4,4

Выявлено, что внекорневая обработка 0,5 и 1%-ми рабочими растворами препарата «Cavita Biocomplex» повлияла не только на урожайность возделываемой культуры озимой пшеницы, но и привела к повышению качества собранного зерна. Так с опытных вариантов было собрано зерно, характеризующееся повышенной натурностью, при этом максимального значения этот показатель достигает для зерна, собранного с делянки, обработанной 0,5%-ным раствором препарата ( $893 \pm 3$ , г/л), что свидетельствует о потенциальной возможности получения большего количества муки из данного зерна. Также повышено качество клейковины при незначительном снижении ее количества.

Обращает на себя внимание то, что прибавки надземной биомассы, зафиксированные в процессе промежуточных наблюдений, на вариантах опыта с внекорневой обработкой препаратом полностью реализовались в

итоговой высокой урожайности, что свидетельствует о благоприятных условиях формирования и созревания зерна (рис. 23).

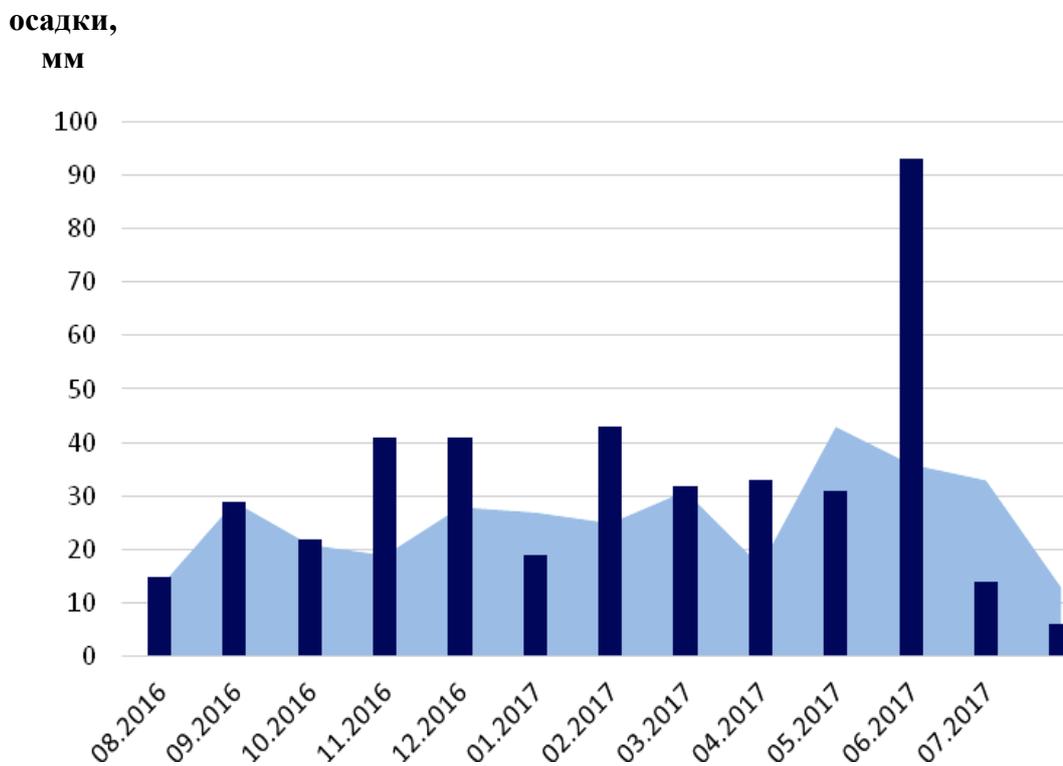


**Рисунок 23** – Сопоставление динамики изменений среднедневных температуры (1) и относительной влажности воздуха (2) в течение вегетационного периода 2017 года с критическими периодами развития посевов пшеницы в ходе опыта

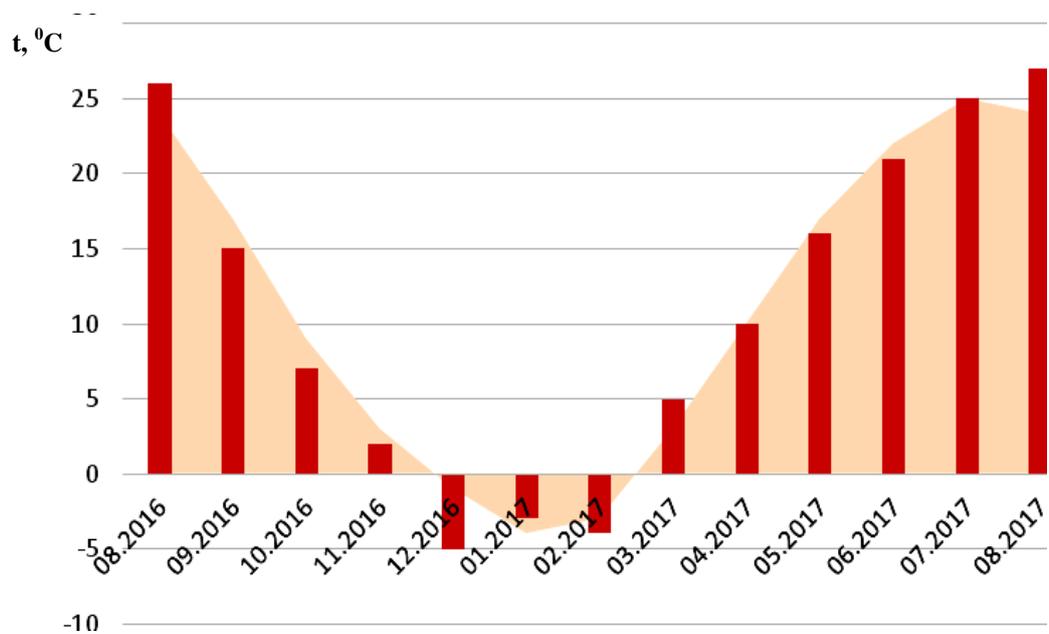
Профессор Бельтиков Л.П. и др. подчеркивают тот факт, что для Ростовской области характерна высокая зависимость урожайности и качества зерна озимых культур от природных условий, которая подтверждается результатами многолетних наблюдений [18].

На рисунках 24-25 представлена динамика среднемесячных температур и количества осадков в 2016-2017 сельскохозяйственном году на фоне среднемесячных показателей, рассчитанных по результатам многолетних наблюдений. Сельскохозяйственный год характеризовался благоприятными условиями для возделывания озимой пшеницы. Более высокое количество

осадков, выпавших в осенние и зимние месяцы, в сочетании с более низкими температурами зимы, относительно средних многолетних тенденций, способствовали улучшенной влагозарядке почвы для обеспечения более благоприятного начала весеннего вегетационного периода. Погодные условия весеннего периода вегетации также были благоприятными для роста и развития растений. Увеличение количества выпавших осадков в июне в 2,6 раза, относительно средних показателей, способствовало максимальному использованию потенциала продуктивности растений, сформированному, благодаря стимуляции их роста и развития под действием препарата.



**Рисунок 24** – Динамика количества осадков в 2016-2017 сельскохозяйственном году



**Рисунок 25** – Динамика среднемесячных температур в 2016-2017 сельскохозяйственном году

Таким образом, следует отметить, что применение 0,5% и 1,0%-ных рабочих растворов биопрепарата «Cavita Bioscomplex» для внекорневой обработки посевов культуры озимой пшеницы сорта «Золушка» приводит к стимуляции роста и развития растений, выражающейся, прежде всего, в развитии их биомассы, так в 2016-2017 сельскохозяйственном году для культуры озимой пшеницы сорта «Золушка» получены рекордные прибавки урожайности (до 35% по отношению к контролю).

### 3.2.4. Результаты экономической оценки эффективности вариантов технологии возделывания озимой пшеницы с применением нетрадиционного экологически безопасного препарата

Результаты оценки экономической эффективности вариантов технологии возделывания озимой пшеницы с применением нетрадиционного экологически безопасного препарата представлены в таблице 24.

**Таблица 24** – Экономическая эффективность вариантов технологии возделывания озимой пшеницы с применением нетрадиционного экологически безопасного препарата

Показатели	Варианты технологий возделывания озимой пшеницы с применением нетрадиционного гуминового биопрепарата		
	Без обработок препаратом	Обработка 0,5 % раствором препарата «Cavita Biocomplex»	Обработка 1 % раствором препарата «Cavita Biocomplex»
Урожайность зерна, ц/га	48	60	65
Стоимость продукции, руб./т	8350	8350	8350
Производственные затраты, руб. на 1 га:	18304	18589	18874
Чистый доход, руб.	21776	31511	35401
Уровень рентабельности, %	119	170	188
Окупаемость дополнительных затрат	-	35,2	24,9
Годовой экономический эффект от внедрения приема, руб. с 1 га	-	9735	13625

Показано, что наиболее рентабельной и экономически эффективной является обработка 1% раствором препарата «Cavita Biocomplex» (уровень рентабельности составил 188% по сравнению со 119% на контроле, а годовой экономический эффект от внедрения приема составил 13625 руб. с 1 га).

### 3.3. Результаты оценки возможности использования нетрадиционных гуминовых препаратов для утилизации органических отходов

Схема и методика лабораторного эксперимента описана в разделе 2.4. Результаты определения физико-химических свойств изучаемых компостов представлены в таблице 25 и на рисунке 26.

Таблица 25 – Агрохимические свойства компостов

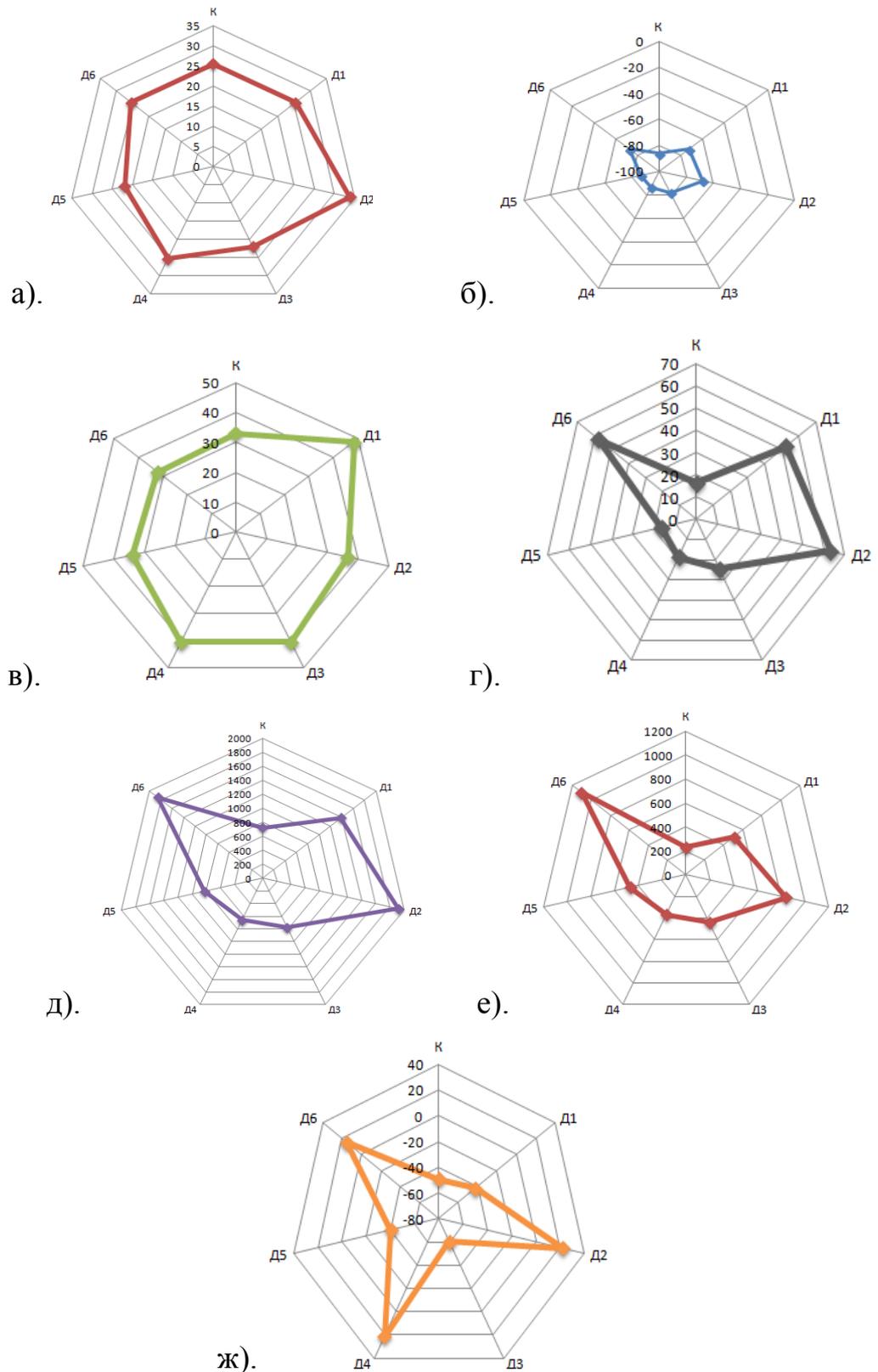
Обозначение варианта	РН <sub>КСL</sub>	Нг мг/экв. на 100г почвы	Гумус, %	Азот щ.гидр. мг/кг почвы	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> мг/кг почвы	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> мг/кг почвы	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг/кг почвы
К <sub>0</sub>	5,9±0,1	2,2±0,2	5,30±0,17	190,0±8,4	1,2±0,3	2,5±0,4	104±9
К	7,4±0,1	0,3±0,1	7,05±0,45	220,8±9,4	9,9±1,3	5,8±1,5	53±3
Д1	7,4±0,1	0,6±0,1	7,86±0,32	290,1±8,2	17,8±2,4	15,1±1,8	60±3
Д2	7,9±0,1	0,7±0,1	7,25±0,31	310,1±5,6	24,3±2,6	23,6±2,7	127±8
Д3	7,2±0,1	0,4±0,1	7,45±0,15	236,6±8,2	10,5±1,3	13,5±1,5	41±2
Д4	7,4±0,1	0,3±0,1	7,45±0,25	225,8±4,4	9,1±1,2	11,7±1,1	126±9
Д5	7,2±0,1	0,3±0,1	7,10±0,13	221,6±6,8	11,1±1,8	14,3±2,1	62±3
Д6	7,4±0,1	0,6±0,1	7,00±0,20	299,6±5,8	23,4±2,1	30,0±3,1	120±7

По полученным данным были рассчитаны коэффициенты интенсификации разложения жомовых компостов под влиянием различных добавок как отношение значения рассматриваемого показателя полученного в конкретном варианте опыта к соответствующему контрольному значению:

$$Ii = \frac{Pi}{Pib} \cdot 100 ,$$

где  $Ii$  – коэффициент интенсификации разложения, рассчитанный по одному из рассматриваемых показателей для каждого из вариантов опыта (К, Д1-Д6), %;  $Pi$  – значение единичного показателя характерное для данного варианта опыта;  $Pib$  – значение единичного базового показателя характерного для абсолютного контроля (К<sub>0</sub>).

Полученные результаты представлены на рисунке 26.



**Рисунок 26** – Коэффициенты интенсификации разложения жомовых компостов под влиянием различных добавок рассчитанные по их физико-химическим показателям:

а) pH<sub>KCL</sub>, б) Нг, в) гумус, г) азот щ.гидр, д) NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, е) NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, ж) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Наиболее показательными являются коэффициенты интенсификации рассчитанные по значениям таких параметров, как: содержание азота щелочно-гидролизуемого, азота нитратного и аммонийного. Эти параметры меняются в зависимости от особенностей деятельности микробиоты и активности накопления гумуса.

Следует отметить, что изменение содержания гумуса, определяемого по Тюрину [40], не проявило себя достаточно информативным для выявления разницы между вариантами опыта. Несмотря на то, что в ходе компостирования содержание определяемого гумуса увеличилось в среднем в 1,3 раза, различия между вариантами не значимы, а обнаруживаемая тенденция не вполне согласуется с тенденцией, выявляемой при рассмотрении изменений ряда других параметров. Это может быть связано с особенностями проведения определения содержания гумуса по методу Тюрина, где обязательным требованием является отсутствие в подготовленных к анализу образцах негумифицированных остатков. Однако полное удаление всей массы негумифицированных остатков жома из образцов компостов не всегда является возможным, поэтому полученные результаты могут быть несколько завышены, а отличия между ними необъективными. С этой проблемой сталкивались и другие исследователи, в частности, при оценке возможности разложения пухо-перьевых отходов в почве [147].

Компостирование жома в почвенной системе чернозема типичного привело к понижению ее кислотности и значимому увеличению содержания доступных для растений форм азота. Причем данная тенденция характерна для всех опытных вариантов с вариациями, определяющимися вносимыми добавками. Так, максимальное содержание щелочногидролизуемого азота спустя 28 дней компостирования характерно для опытных вариантов Д1, Д2, Д6, отличительной особенностью которых является наличие дрожжевой добавки. Содержание нитратного и аммонийного азота максимально в вариантах Д2 и Д6.

В то же время содержание подвижных фосфатов в компостах с различными добавками изменилось с внесением добавок не однотипно. Известно, что эффект влияния органических добавок на подвижность фосфатов в почвах определяется величиной доз, селективностью функциональных групп почвенного поглощающего комплекса (ППК) и самих добавок к фосфатам, железу, алюминию, кальцию [153]. Максимальное увеличение данного показателя наблюдалось в опытных вариантах Д2, Д4, Д5, в которых в составе добавок находился вермикомпост, являющийся, по всей видимости, источником водорастворимых фосфатных комплексов органических соединений, прочность которых выше, чем соединений фосфатов с ионами металлов в ППК.

В целом анализ показал, что наиболее выраженная интенсификация процессов разложения жома наблюдается в вариантах, содержащих в качестве добавки дрожжевую затравку (варианты Д1, Д2, Д6). При этом максимально перспективной можно считать вариант компостной смеси Д6. Внесение активированного вермикомпоста в составе агропрепарата «Cavita Bioscomplex Plus 2» является ресурсосберегающим. Так, при одинаковом количестве внесения двух добавок вермикомпоста и биогумус-содержащего инновационного препарата доза вводимого с препаратом вермикомпоста, рассчитанная на сухое вещество (вариант Д6), более чем в 10 раз меньше таковой при внесении воздушно сухого вермикомпоста (вариант Д2).

Проведенные экспериментальные исследования носят поисковый характер и демонстрируют принципиальную возможность предотвратить потенциальные негативные последствия складирования многотонных жомовых отходов путем их компостирования с применением сопутствующих стимулирующих процесс гумификации добавок, в том числе ресурсосберегающих и инновационных. Вопрос о возможности использования компостов на основе свекловичного жома в земледелии должен решаться на основе экспериментальных исследований, позволяющих оценить агрономический и экологический эффект от их применения.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что нетрадиционные гуминовые препараты на основе гидрозоля, активированного при помощи ультразвуковой кавитационной диспергации торфа, оказывают стимулирующее влияние на рост и развитие культурных растений.

Так, в ходе лабораторного фитотестирования показано, что препарат «Cavita Biocomplex» стимулирует прорастание семян высших растений, принадлежащих к разным семействам: зерновые, капустные и бобовые. При этом по интенсивности отклика тест-культуры можно выстроить в ряд: Пшеница озимая > Овес посевной > Кукуруза сахарная > Фасоль пестрая > Фасоль белая > Горчица сарептская. Отмечено, что для максимальной реализации стимулирующего действия препарата необходимо достаточное обеспечение растений элементами питания.

2. Стимулирующее влияние на рост и развитие растений подтверждено и результатами микрополевого исследования, которое проводилось с отдельным и совместным использованием трех нетрадиционных гуминовых препаратов: «Cavita Biocomplex», «Cavita Biocomplex Plus», «Cavita Biocomplex Plus 2». Во всех вариантах опыта зафиксированы прибавки урожая зерна озимой пшеницы по сравнению с контролем, при этом наибольшие прибавки получены на вариантах с применением «Cavita Biocomplex» и «Cavita Biocomplex Plus 2» с добавлением вермикомпоста, которая составила 0,7 - 0,8 т/га. Использование препаратов положительно повлияло и на качество зерна. При этом положительные эффекты от воздействия гидрозоля активированного торфа на продукционный процесс растений озимой пшеницы сопоставимы с эффектами, достигаемыми при применении повышенных доз минеральных удобрений.

3. Нетрадиционные гуминовые препараты действуют на весь биотоп, что, вероятно, выражается в активизации физиологических процессов в растениях, в результате чего интенсифицируется рост и развитие растений,

повышается эффективность усвоения (поглощения) макро- и микроэлементов из почвенной среды. Так увеличивается теснота связей между показателями плодородия почвы и показателями продуктивности культуры. На фоне применения «Cavita Bioscomplex» урожайность зерна озимой пшеницы положительно коррелирует с запасами минерального азота, фосфора, калия, меди, цинка, марганца.

**4.** Повышение эффективности использования запаса почвенных макро- и микроэлементов (поглощение их из почвы) наряду с другими возможными эффектами приводит к увеличению числа колосоносных стеблей (с 406 на контроле до 461 при применении препарата), размера и массы зерен (с 30,8 г массы 1000 зерен на контроле до 41,5 г в варианте с применением препарата), положительно влияет на качество урожая озимой пшеницы. Применение препарата «Cavita Bioscomplex» в период весеннего кушения оказывает более выраженное влияние на итоговую урожайность зерна озимой пшеницы (значимая прибавка к контролю 27,7%), чем применение в период осеннего кушения (прибавка в 6,4% не значима).

**5.** Оценка возможности экологически обоснованного воздействия нетрадиционным гуминовым биопрепаратом на агроэкосистему при интенсивном возделывании сельскохозяйственных растений в ходе производственных полевых испытаний показала, что внекорневая обработка посевов озимой пшеницы 0,5 и 1%-и рабочими растворами исследуемого нетрадиционного гуминового препарата привела как к значимому увеличению сырой биомассы посевов пшеницы в фазе налива и молочной спелости зерна на 15,9 % и 33,9%, так и к значимому увеличению итоговой урожайности культуры на 15,9% и 35,1%, соответственно. Кроме того, внекорневая обработка привела к повышению качества собранного зерна. С опытных вариантов было собрано зерно, характеризующееся повышенной натурностью, при этом максимального значения этот показатель достигает для зерна, собранного с делянки, обработанной 0,5%-ным раствором препарата (893 г/л против 795 г/л на контроле). Также повышено качество

клейковины при незначительном снижении ее количества. Показано, что наиболее рентабельной и экономически эффективной является обработка 1% раствором препарата (уровень рентабельности составил 188% по сравнению со 119% на контроле, а годовой экономический эффект от внедрения приема составил 13625 р с 1 га). Благоприятные климатические условия формирования и созревания зерна озимой пшеницы, сложившиеся в 2016-2017 сельскохозяйственном году в районе проведения испытаний, способствовали полной реализации прибавок надземной биомассы, возникших на вариантах опыта с внекорневой обработкой биопрепаратом в итоговую высокую урожайность.

**6.** В ходе лабораторной оценки возможности использования исследуемых препаратов с различным сочетанием компонентов для утилизации органических отходов сахарной промышленности методом компостирования показано, что нетрадиционные гуминовые препараты могут выступать в качестве экологически безопасной добавки, стимулирующей скорость разложения органических отходов, позволяющей переводить их в органические биоудобрения. Выявлен перспективный вариант компостной смеси, обеспечивающий выраженную интенсификацию разложения свекловичного жома, содержащий в качестве экологически-безопасной ресурсосберегающей добавки нетрадиционный гуминовый препарата на основе гидрозоля активированного торфа и вермикомпоста.

## Список литературы

1. Авдеева Л. Н. Определение химического состава сапропеля / Л.Н. Авдеева // Известия вузов. Химия и химическая технология, 2009. Т. 52, вып. 3. С. 121–123.
2. Агафонов, Е.В. Применение куриного помёта и минеральных удобрений на чернозёме обыкновенном / Е.В. Агафонов, Ф.А. Понятовский // Сахарная свекла. - 2006. - № 8. – С. 31-32.
3. Александров И.В., Юхновец, Л.Б. Биологически активные мелиоранты на основе гуминовых веществ бурых углей и природных цеолитов / И.В. Александров, Л.Б. Юхновец // Химия твердого топлива. - 1994. - № 3. - С. 10.
4. Александрова Л.Н. Изучение процессов гумификации растительных остатков и природы новообразованных гумусовых кислот // Почвоведение. – 1972. – № 7. – С. 37-46.
5. Алферова Е.Ю. Определение влияния органического удобрения (диспергированного торфа) на биометрические показатели растений // «AUDITORIUM» электронный научный журнал Курского государственного университета. Биологические науки. – 2016. – Вып. № 4 (12). С. 14-19. Режим доступа к журн.: <http://auditorium.kursksu.ru>
6. Алферова Е.Ю., Проценко Е.П. Влияние диспергированного торфа на биометрические показатели растений // В сборнике: Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия. Сборник докладов международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». – Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2019. С. 17-21.
7. Андреев Н.Н., Каспировский А.В. Влияние регуляторов роста на продукционные процессы и урожайность яровой пшеницы сорта Земляничка в условиях Лесостепи Поволжья [Текст] / Н.Н. Андреев, А.В. Каспировский // Инновационному развитию АПК и аграрному образованию – научное

обеспечение: материалы Всероссийской научн.практ.конф. ВЗ-х т.Т.1 / ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2012. – С. 3.

8. Анспок П.И. Микроудобрения: Справочник. – 2-е издание, переработанное и дополненное.– Л.: Агропромиздат. Ленинградское отделение, 1990. – 272с.

9. Антименкова, О.В. Разработка нетрадиционных удобрений на основе жома свекловичного /О.В. Антименкова// агроэкологические проблемы в сельском хозяйстве. Сб. науч. тр. – Воронеж, 2005. – Ч.1 – С. 19-22.

10. Бакшеев В.Н. Обоснование технологий и технических средств для добычи и использования сапропеля в сельскохозяйственном производстве. Автореф. д.с.-х.наук. Новосибирск, 1996. – 40 с.

11. Балашев Л.Л. Химизация сельского хозяйства. Научно-технический словарь – справочник. Под общей редакцией проф. Балашева Л.Л. и акад. Вольфаковича С.И., 2-е исправленное и дополненное издание. М.: Наука, 1968. – 356с.

12. Бачило Н.Г. Научные принципы использования пометных удобрений в условиях интенсивного земледелия / Н.Г. Бачило: дис. докт. с.-х. наук.- Жодино, 1990. - 452с.

13. Бацула А.А. Органические удобрения / А.А. Бацула-2-е изд. перераб. и доп. – Киев: Урожай, 1988. – С. 3-39.

14. Безуглова О.С. Гуминовые вещества в биосфере. // Учебное пособие. – Ростов-на-Дону, 2009. – 120 с.

15. Безуглова О.С., Полиенко Е.А. и др. Влияние гуминового удобрения ВЮ-Дон на качество зерна мягкой озимой пшеницы ДонЭко //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – №. 3 (53).

16. Безуглова О.С. Гуминовые препараты как стимуляторы роста растений и микроорганизмов (обзор) / О.С. Безуглова, Е.А. Полиенко,

А.В. Горовцов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – №4 (60). – С. 11-14.

17. Белопухов С.Л., Бугаев П.Д., Ламмас М.Е., Прохоров И.С. Влияние биопрепаратов на фотосинтетическую активность посевов ячменя / С.Л. Белопухов, П.Д. Бугаев, Прохоров И.С. // Агрехимический вестник. - 2012. - №5. – С. 19.

18. Бельтюков Л.П. и др. Основы технологии производства зерна в засушливых условиях юга России // Вестник аграрной науки Дона. 2017. №37.1. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/osnovy-tehnologii-proizvodstva-zerna-v-zasushlivyh-usloviyah-yuga-rossii>

19. Битюцкий Н.П. Микроэлементы и растение. Учебное пособие. – СПб.: Издательство Санкт-петербургского университета, 1999. – 232с.

20. Большая советская энциклопедия (БСЭ), М: "Советская энциклопедия", 1969 – 1978.

21. Брыкалов А.В., Мазницына О.В. Жидкий препарат из биогумуса "Гумистин": химический состав и биологическая активность // В сб. «Проблемы экологии и защиты растений в сельском хозяйстве. 70-я научно-практическая конференция». 2006. С. 172-175.

22. Булыгин С.Ю. и др. Микроэлементы в сельском хозяйстве. Издание третье переработанное и дополненное. – Днепропетровск, 2007. – 100с.

23. Бутюгин А.В., Гнеденко М.В., Антонова А.Л., Зубкова Ю.Н. Экологически безопасная мелиорация, сохранение и восстановление плодородия почв с помощью гуминовых препаратов / А.В. Бутюгин, М.В. Гнеденко, А.Л. Антонова, Ю.Н. Зубкова // Актуальные проблемы обеспечения продовольственной безопасности юга России: инновационные технологии для сохранения биоресурсов, плодородия почв, мелиорации и водообеспечения: материалы Международной научной конференции. – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. - С. 165.

24. Варшал Г.М., Велюханова Т.К., Кошечева И.Я. Геохимическая роль гумусовых кислот в миграции элементов. // В сб. "Гуминовые вещества в биосфере", М., Наука, 1993, с.97-116.

25. Васильев В.А. Справочник по органическим удобрениям [Текст]/ В.А. Васильев, Н.В. Филиппова – Изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 255 с.

26. Великанова Л. О. и др. Экономическая и биоэнергетическая оценка альтернативных технологий возделывания озимой пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края //Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – №. 138.

27. Вильдфлуш И.Р., Кукреш С.П., Ионас В.А. Агрохимия: Учебник – 2-е изд., доп. и перераб. – Мн.: Ураджай, 2001 – 488 с., ил.

28. Власенкова Н.Г., Егорычева М.Т. Используйте гумат калия / Н.Г. Власенкова, М.Т. Егорычева // Защита и карантин растений. - 2007. - № 10. – С. 23.

29. Водяницкий Ю.Н. Методы расчета ароматичности гумусовых кислот // Почвоведение. - 2001. - N 3. - С. 289 - 294. - Библиогр.: с. 294.

30. Волкова Н. А. Особенности изучения органических веществ в сапропелях/ Н. А. Волкова // Краткие тезисы докладов Уральской конференции. – Троицк, 1974. – 107- 108с.

31. Габович Р.Д., Познанский С.С., Шахбазян Г.Х. Гигиена. Учебник для студентов медицинских вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища школа, 1984. – 320с.

32. Гафуров Р.М., Рахимов В.М., Молодчуев А.А. Оценка применения нового регулятора роста растений в посевах озимой пшеницы / Р.М. Гафуров, В.М. Рахимов, А.А. Молодчуев // Агрохимический вестник. - 2012. - №4 – С. 20.

33. Герасимова М.И. География почв России: учебник / М.И. Герасимова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2007. – 312с.

34. Голубина О. А. Физикохимия и биология торфа: Использование торфа в сельском хозяйстве: учебно-методическое пособие / О. А. Голубина. – Томск: Томский ЦНТИ, 2011. – 45с.

35. Горовая А.И. Роль физиологически активных гуминовых веществ в адаптации растений к действию ионизирующей радиации и пестицидов [Текст] // А.И. Горовая - В сб.: Гуминовые вещества в биосфере. М.: Наука, 1993.- С. 144-151.

36. Гостинцева М.В. Влияние гуминовых кислот торфов и сапропелей на обратимую агрегацию эритроцитов /М. В. Гостинцева, Л.И. Инищева // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2009. № 2. С. 29–31.

37. ГОСТ 11623-89 Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения обменной и активной кислотности. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 17с.

38. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.

39. ГОСТ 26107-84 Почвы. Методы определения общего азота. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 10с.

40. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 10с.

41. ГОСТ 26212-91 Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. – М.: Издательство стандартов, 1992.

42. ГОСТ 26488–85 Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО [Текст]/ Введ. с 01.07.86 до 01.07.96 – Сборник ГОСТов. – М.: Государственный стандарт союза ССР, 1985. – 4 с.

43. ГОСТ 26951-86 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – М.: Издательство стандартов, 1986.

44. ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО. – М.: Издательство стандартов, 1985.
45. ГОСТ 26489-85 Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. – М.: Издательство стандартов, 1986.
46. ГОСТ 26204-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО – М.: Стандартиформ, 1991. – 4с.
47. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. – М.: Стандартиформ, 2006. – 7с.
48. ГОСТ 26713-85 Удобрения органические. Метод определения влаги и сухого остатка. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 5с.
49. ГОСТ 26714-85 Удобрения органические. Метод определения золы. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 4с.
50. ГОСТ 26715-85 Удобрения органические. Методы определения общего азота – М.: Стандартиформ, 1985. – 12с.
51. ГОСТ 26717-85 Удобрения органические. Метод определения общего фосфора. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 8с.
52. ГОСТ 26718-85 Удобрения органические. Метод определения общего калия. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 6с.
53. ГОСТ 10846-91 Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка: Сб. ГОСТов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001
54. ГОСТ 10968-88 Зерно. Методы определения энергии прорастания и способности прорастания: Сб. ГОСТов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001
55. ГОСТ 10987-76 Зерно. Методы определения стекловидности: Сб. ГОСТов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001
56. ГОСТ 10842-89 Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян (с Изменением N 1): Сб. ГОСТов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001

57. ГОСТ 9353-90 Пшеница. Требования при заготовках и поставках. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.

58. ГОСТ 26657-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора: Сб. ГОСТов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.

59. ГОСТ 30504-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Пламенно-фотометрический метод определения содержания калия: Сб. ГОСТов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.

60. ГОСТ Р 53219-2008 (ИСО 14255:1998) Качество почвы. Определение содержания нитратного азота, аммонийного азота и общего азота в воздушно-сухих почвах с помощью хлорида кальция в качестве экстрагирующего вещества – М.: Стандартиформ, 2009.

61. ГОСТ 54221-2010 Гуминовые препараты из бурых и окисленных каменных углей. Методы испытаний. – М.: Стандартиформ, 2012.

62. ГОСТ Р ИСО 22030-2009 Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений – М.: Стандартиформ, 2010.

63. ГОСТ 9353-90 Пшеница. Требования при заготовках и поставках. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.

64. ГОСТ 10840-64 Зерно. Методы определения природы: Сб. ГОСТов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

65. ГОСТ 13586.3-83 Зерно. Правила приемки и методы отбора проб (с Изменениями N 1, 2). Зерно. Методы анализа: Сб. ГОСТов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

66. Гуматы в растениеводстве – [Электронный ресурс] – <http://agrovektor.ru/art/586-gumat-kaliya.html>

67. Драгунов С.С. Органо-минеральные удобрения и химическая характеристика гуминовых кислот / С.С. Драгунов // Гуминовые удобрения теория и практика их применения. – 1957. – Т.1. – С. 11-18.

68. Драгунов С.С. Химическая характеристика фракций торфяных гуминовых кислот и обоснование специфического значения гуминовых удобрений / С.С. Драгунов, Н.Г. Каблов, А.П. Буканова // Гуминовые удобрения: теория и практика их применения. – 1957. – Т.1. – С. 24-28.

69. Драгунов С.С. Химическая природа гуминовых веществ – Гуминовые удобрения: теория и практика их применения, ч.2. Киев, 1962; с.11-23.

70. Дементьева Т.В. Физикохимия и биология торфа. Руководство по методам изучения трансформации органического вещества торфов: методическое пособие / Т.В. Дементьева, О.Ю. Богданова, Н.А. Шинкеева. – Томск: Томский ЦНТИ, 2011. С. 46–56.

71. Демина Н.В. Возможность использования вторичных сырьевых ресурсов свеклосахарного производства для дальнейшей переработки [Текст] / Н.В. Демина, Л.В. Донченко, С.Е. Ковалева // Научный журнал КубГАУ. - Краснодар: КубГАУ, 2006. - № 21 (05).

72. Денисюк Е.А., Кузнецова И.А., Митрофанов Р.А. Технологии получения гуминовых веществ // Вестник НГИЭИ, 2014. № 2 (33). С. 66-79.

73. Дёрффель К. Статистика в аналитической химии./ Пер. с нем. Л.Н. Петровой, под ред. Ю.П. Адлера. – М.: Мир. 1994. С. 114–137.

74. Дубинина Л.Ф. К вопросу об источниках накопления микроэлементов в сапропелях / Л.Ф. Дубинина, К. Н. Тележникова, Л.Б. Дацук // Тезисы 2-й республ.науч.конф. Проблемы использования сапропеля в народном хозяйстве. – Минск, 1974 – С. 40-41.

75. Дубовик Д.В. Влияние внекорневых азотно-фосфорно-калийных подкормок озимой пшеницы на качество зерна // Достижения науки и техники АПК : Теор. и науч.-практич. журнал. - 2005. - N1. - С. 16-17.

76. Дубовской И. И., Терновых К. С., Провоторов И. В. К вопросу об экономической оценке эффективности современной техники и прогрессивных технологий в зернофуражном производстве //Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального

образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. – 2008. – №. 5. – С. 75-77.

77. Ермаков Е. И. Развитие представлений о влиянии гуминовых веществ на метаболизм и продуктивность растений / Е. И. Ермаков, А.И. Попов // Вестн. Рос. акад. с.-х. наук. 2003. - № 2. - С. 16-20.

78. Ефанов М.В. Получение новых гуминовых препаратов из торфа / М.В. Ефанов, Н.В. Добров // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – №11 (1). – С. 184-186.

79. Ефанов М.В. Получение оксигуминовых препаратов из торфа кавитационным методом / М.В. Ефанов, А.А. Латкин, П.П. Черненко, А.И. Галочкин // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – №2. – С. 39.

80. Ефанов М.В. Химический состав оксигуминовых препаратов на основе торфа / М.В. Ефанов, А.А. Миронов, П.П. Черненко, А.И. Галочкин // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – №5. – С. 65-69.

81. Заславский Е.М. Гуминовые вещества морских донных отложений / В сб.: Гуминовые вещества в биосфере. – М.: Наука, 1993. – С. 57-66.

82. Зыкова М.В. и др. Стандартизация гуминовых кислот низинного древеснотравяного вида торфа. Химико-фармацевтический журнал. 2013. № 12. С. 53-56.

83. Калинин А.А., Вильдфлуш И.Р., Ионас В.А. и др. – Агрохимия в вопросах и ответах – Мн.: Урожай, 1991. – 240 с.: ил.

84. Кафтанский Ю.А. Процессы испарения с малых водоемов Ростовской области // Научный журнал НИИ проблем мелиорации, №1(09), 2013 г. С. 80-91.

85. Кашинская Т.Я., Гаврильчик А.П., Калилец Л.П. Изменение химического состава торфа при диспергировании. [Текст] // Т.Я. Кашинская., А.П. Гаврильчик, Л.П. Калилец.- ХТТ.- 1997. №6.- С. 89-91

86. Кирейчева Л.В. Сапропели: состав, свойства, применение / Л.В. Кирейчева, О. Б. Хохлова Изд-во Рома,1998. 120с.

87. Кобышева Н.В. и др. Климат России //СПб: Гидрометеиздат. 2001. С. 655.

88. Комиссаров И.Д, Логинов Л.Ф. Молекулярная структура и реакционная способность гуминовых кислот / В сб.: Гуминовые вещества в биосфере. М.: Наука, 1993, с. 36-45.

89. Комиссаров И.Д, Логинов Л.Ф. Структурная схема и моделирование макромолекул гуминовых кислот / Гуминовые препараты. Тюмень, 1971, с. 131-142.

90. Косов В.И. Сапрпель. Ресурсы, технологии, геоэкология / В.И. Косов. – СПб.: Наука. – 2007. – 224с.

91. Косолапова Н.И., Буданова Е.В., Алферова Е.Ю. Диспергирование торфа до наноразмеров как способ увеличения его биологической активности //V международный экологический конгресс (VII Международной научно-технической конференции) "Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ELPIT 2016", г. Самара - Тольятти, Россия: АНО "Издательство СНЦ". 2016. Т.2, Научный симпозиум "Биотические компоненты экосистем" – 203 с.; С.145-148.

92. Кравец А.В., Клячина С.Л., Касимова Л.В. Применение гуминовых удобрений в условиях засушливого периода на юге Западной Сибири / А.В. Кравец, С.Л. Клячина, Л.В. Касимов. ЦАз: Новосибирск, 2013. – 141 с.

93. Кречетова Е.В. Гуминовые кислоты горючих сланцев, их свойства и строение. Автореф. к.б.н. М., МГУ, 1994. – 20 с.

94. Кукайтис О., Цифанскис С. Кавитационные технологии получения гуминовых веществ и их использование [Электронный ресурс] – Латвийский институт гуминовых веществ, Рига. – Режим доступа: [http://www.asocdurpes.lt/uploads/PDFFiles/2011Druskininkai/6\\_C.Cyfanskis\\_Skystos%20humines%20trasos.pdf](http://www.asocdurpes.lt/uploads/PDFFiles/2011Druskininkai/6_C.Cyfanskis_Skystos%20humines%20trasos.pdf)

95. Куликова Н.А. Защитное действие гуминовых веществ по отношению к растениям в водной и почвенной средах в условиях абиотических стрессов: дис. д-ра биол. наук: 03.00.16; 03.00.27 / Куликова Наталья Александровна. – Москва, 2008. – 302с.

96. Кутовая О.В. Влияние различных доз минеральных удобрений на концентрацию ДНК и общую биологическую активность чернозема / О.В. Кутовая, Е.С. Василенко, А.К. Тхакахова, А.У. Павлюченко // Агрохимический вестник. – 2013. - №5. – С. 8-11.

97. Кухаренко Т.А. Гуминовые кислоты различных твердых горючих ископаемых и возможность их использования в качестве сырья для производства гуминовых удобрений / Т.А. Кухаренко, Н.Г. Каблов, А.П. Буканова // Гуминовые удобрения теория и практика их применения. Харьков, – 1957. – Т.1. – С. 19-28.

98. Кухаренко Т.А. О молекулярной структуре гуминовых кислот / В сб. Гуминовые вещества в биосфере. М.: Наука, 1993, с. 27-36.

99. Куфтов А.Ф. Производство сухого помёта – дополнительный источник дохода птицефабрик / А.Ф. Куфтов, В.А. Девисилов, Ю.В. Котельников и др. // Птица и птицепродукты. – 2005. – № 3. – С.11-13.

100. Левинский Б.В.; Бутаков В.И. Способ получения комплексного удобрения. Патент РФ № 2181113 от 10.04.2002.

101. Левинский Б.В., Курченко С.М. Способ получения гуматов щелочных металлов. Патент РФ № 2243194 27.12.2004.

102. Липович В.Г. Химия и переработка угля / В.Г. Липович, Г.А. Калабин, В.И. Калечиц и др. – М.: Химия, 1988. – 336 с.

103. Лиштван И.И., Абрамец А.М. Гуминовые препараты и охрана окружающей среды (К использованию в качестве удобрений) // Гуминовые вещества в биосфере. – М.: Наука, 1993. – С. 126-139.

104. Лиштван И.И., Бамбалов Н.Н. Гуминовые вещества торфа и их практическое использование // Химия тверд. топл. 1990. – №6. – С. 14-20.

105. Лиштван И.И. Взаимодействие гуминовых кислот с ионами металлов и структура металлгуминовых комплексов / И.И. Лиштван, Ф.Н. Капуцкий, Ю.Г. Янута А.М. Абрамец, С.Г. Монич, В.П. Стригуцкий, Н.С. Глухова, А.Н. Алейникова // Вестник БРУ. – 2012. – №2. – С. 12-16.

106. Лиштван И.И. Гуминовые препараты как экологобезопасные продукты для охраны окружающей среды / И.И. Лиштван, А.М. Абрамец, Ю.Г. Янута, С.Г. Монич, В.П. Стригуцкий, Н.С. Глухова, А.Н. Алейникова // Природопользование. – 2011. – №19. – С. 151-158.

107. Лиштван, И.И. Физика и химия торфа: учеб. пособие для вузов / И.И. Лиштван, Е.Т. Базин, Н.И. Гамаюнов, А.А. Терентьев. – М.: Недра, 1989. – 304с.

108. Лысенко В.П. Птицефабрики России – поставщики эффективных экологически чистых удобрений / В.П. Лысенко, А.Ю. Семенцов // Достижения науки и техники АПК. – 2002. – № 5. – С.19-20.

109. Максимова С.Л., Лузин Е.Г. Вермитехнологии в Беларуси// В сб. «Проблемы и перспективы биологического земледелия». Рассвет, 2014, с.27-32.

110. Малофеев В.И. Технология производства и агротехническая эффективность удобрений на основе птичьего помета / В.И. Малофеев, Н.П. Гришанов, Г.Ф. Фетисов // Приемы повышения плодородия почв в Центральном районе Нечерноземной зоны: Сб. науч. тр. – М., 1989. – С. 103-112.

111. Мартынова Н.А. Химия почв: органическое вещество почв / Н.А. Мартынова. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2011. – С.181–186.

112. МУ 5048-89 Методические указания по определению нитратов и нитритов в продукции растениеводства. – М. 1989, № 5048 от 4 июля 1989 г.

113. Методические указания по определению щелочногидролизуемого азота в почве по методу Корнфилда. – М.: МСХ СССР, 1985. 9 с.

114. Минеев В.Г. Агрехимия: Учебник.– 2-е издание, переработанное и дополненное.– М.: Издательство МГУ, Издательство «Колос», 2004.– 720 с., ил.: (Классический университетский учебник).

115. Миронов В.В., Седых А.А., Миронов А.В., Палюткина К.В. Биотермокомпостирование органических отходов //Вестник ВНИИМЖ №4(36)-2019, Journal of VNIIMZH №4(36)-2019, Ежеквартальный научный журнал, с. 37-45.

116. Мировые запасы угля. Википедия. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>

117. Митрохина О.А. Агрэкологические аспекты возделывания озимой пшеницы с применением микроэлементов / О.А. Митрохина, Е.П. Проценко, Н.П. Неведров, А.А. Проценко: изд-во Курск гос. ун-та, Курск. гос. ун-т.– Курск, 2013. – 98 с. – ISBN

118. Мишин Г.М. Физические и химические качества средне-уральских сапропелей / Г.М. Мишин // Вторая межд., вет.научн.конф. по использованию сапропелей в сельском хозяйстве. – Свердловск, 1966 – С. 83-85.

119. Морозовский В.В., Назаренко Д.Ю., Стрелков В.Д. Влияние препарата Гуми-20М на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в условиях Краснодарского края / В.В. Морозовский, Д.Ю. Назаренко, В.Д. Стрелков // Агрехимический вестник . – 2008. -№ 3.- С. 10.

120. Москаленко, Т.В. Воздействие ультразвуковым полем на торф при экстрагировании гуминовых кислот / Т.В. Москаленко, В.А. Михеев, О.С. Данилов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – №3. – С. 209-213.

121. Москаленко Т.В. Корреляционный анализ процесса экстракции гуминовых кислот из торфа при действии магнитного и ультразвуковых полей / Т.В. Москаленко, В.А. Михеев, О.С. Данилов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – №10. – С. 95-101.

122. Москаленко Т.В. Молекулярные изменения в гуминовых веществах при действии магнитного и ультразвукового полей / Т.В. Москаленко, В.А. Михеев, О.С. Данилов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – №3. – С. 263-266.

123. Москаленко Т.В. Структурные превращения гуминовых кислот торфов при экстрагировании под действием магнитного и ультразвуковых полей / Т.В. Москаленко, В.А. Михеев, О.С. Данилов // Химия растительного сырья. – 2011. – №4. – С. 283-286.

124. Нетрусов А.И. Общая микробиология [Текст] / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова. – М.: Изд. центр «Академия», 2007, 288с.

125. Нижегородов А.И. Вермикулит и вермикулитовые технологии: исследования, производство, применение /А.И. Нижегородов Иркутск: Изд-во БизнесСтрой, - 2008. - 96с.

126. Ольгаренко Г.В. и др. Технический регламент по управлению и корректировке объемов воды для орошения (На примере Ростовской области). – Коломна: ФГБНУ ВНИИ «Радуга», 2015. 58 с.

127. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв. М.: Изд-во МГУ, 1974.

128. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса/ Д.С. Орлов, Л.А. Гришина. – М.: Изд-во Московского университета, 1981, с. 88-91.

129. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. // Изд-во МГУ, М., 1990. – С.8-26

130. Орлов Д.С. Химия почв. // М., Изд-во МГУ, 1992, 259с.

131. Орлов Д.С. Гуминовые вещества в биосфере / Под ред. Д.С. Орлова. М.: Наука, 1993. 238с.

132. Орлов Д.С., Кулаков В.В., Никифоров В.Ю., Аммосова Я.М., Бирюкова О.Н., Осипова Н.Н. Гуминовые препараты из высокозольных бурых углей Подмосковного бассейна / В сб.: Гуминовые вещества в биосфере. М.: Наука, 1993, с. 189-207.

133. Орлов Д.С., Бирюкова О. Н., Суханова Н. И. Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: Наука, 1996, 256с.

134. Орлов Д.С. Гуминовые вещества в биосфере // Соросовский образовательный журнал №2, 1997. – С. 56-63.

135. Орлов Д.С. Химия почв: учебник / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, Н.И. Суханова. – М.: Высшая школа, 2005. – 558 с.

136. Патент РФ № 2562382 С1. Способ борьбы с эрозией почв Володина О. В. и др. – 2015.

137. Патент РФ №2015951, МПК С05F. Способ получения безбалластного гумата аммония / Бутюгин А.В., Иванов А.С., Зубкова Ю.Н.; заявитель и патентообладатель Донецкий государственный университет; опубл. 20.05.2004; нач. действия: 08.08.2002.

138. Патент РФ №2021236, МПК С05F. Способ получения торфогуминового гранулированного удобрения / Булганина В.Н., Кузнецова Л.М., Щербаков В.А., Гержберг Ю.И.; заявитель и патентообладатель Всесоюзный научно-исследовательский институт торфяной промышленности, Всесоюзный научно-исследовательский и проектный институт; опубл. 15.10.1994.

139. Патент РФ №2130004, МПК С05F. Способ получения гуминовых препаратов / Игошин В.А., Виноградов А.В., Кершенгольц Б.М., Игошина В.А.; заявитель и патентообладатель Якутский государственный университет им. М.К. Аммосова; опубл. 10.05.1999.

140. Патент РФ №2174529, МПК С05F, С10G. Способ получения гуминовых веществ / Новопащин М.Д., Бычев М.И., Петрова Г.И., Михеев В.А., Москаленко Т.В.; заявитель и патентообладатель Институт горного дела Севера СО РАН; опубл. 10.10.2001; нач. действия: 22.10.1999.

141. Патент РФ №2411224, МПК С05F. Способ получения жидкого торфогуминового удобрения / Бурковой П.П., Комаров А.Н., Павленко С.П., Сушков А.Ю.; заявитель и патентообладатель Бурковой П.П., Комаров А.Н., Павленко С.П., Сушков А.Ю.; опубл. 10.02.2011; нач. действия: 13.08.2009.

142. Патент РФ №2416591, МПК C05F. Способ получения гуминовых веществ из торфа / Хохлов А.Л.; заявитель и патентообладатель Хохлов А.Л.; опубл. 20.04.2011; нач. действия: 09.12.2009.

143. Патент РФ №2491266, МПК C05F. Способ получения гуминовых препаратов и вещество – ультрагумат, полученное этим способом / Аникин В.С.; заявитель и патентообладатель «НОРФОЛДА ЛИМИТЕД»; опубл. 10.01.2013; нач. действия: 15.06.2011.

144. Патент РФ №2536499. Способ и устройство для диспергации матриалов. [Текст]/ Смородько А.В., Соболев С.А., Шестовских А.Е. заявитель и патентообладатель Смородько А.В.; заявл. 03.07.2013; опубл. 27.12.2014; Бюл. № 36с.

145. Патент РФ №2514401. Способ получения компоста из отходов сахарного производства / Проценко Е.П., Проценко А.А., Кузнецов А.Е., Клеева Н.А., Тригуб Н.И. Опубликовано 03.03.2014. По заявке 2012148028 от 12.11.2012.

146. Платонов В.В. и др. Метод предварительной оценки физиологической активности гуминовых и гуминоподобных веществ. Вестник новых медицинских технологий. 2010. № 3. С. 26-28.

147. Подосокорская О.А. Переработка отходов птицефабрик: современные подходы и перспективы // Auditorium. – 2017. – №. 3 (15).

148. Проценко А.А. Влияние режимов использования на свойства черноземов Центрально-Черноземного заповедника им. В.В. Алехина [Текст] / А.А. Проценко, А.Е. Кузнецов, А.В. Прусаченко, Е.П. Проценко, О.В. Чаплыгина, А.В. Пученкова // Проблемы региональной экологии. – 2012. – №4. – С. 27–35.

149. Процено А.А., Кузнецов А.Е., Процено Е.П., Балабина И.П., Ермакова Н.В., Протасова М.В., Лукьянчикова О.В. Проблемы токсичности жомовых отходов от свекло-сахарного производства // Проблемы региональной экологии. – 2015. – №2. – С. 86–89.

150. Проценко Е.П. Основные подходы к созданию компоста на основе птичьего помета и трудноразлагаемых органических отходов [Текст] / Е.П. Проценко, Н.А. Клеева, И.И. Букреева // Теоретические и прикладные проблемы социально-правовых, медико-биологических, технико-экономических сфер жизни общества: материалы междунар. науч.-практической конф. - Курск, 2007. - С. 175-176.

151. Проценко Е.П. Утилизация пищевых органических отходов с помощью биокомпостов [Текст] / Е.П. Проценко, Н.А. Клеева // Медико-экологические информационные технологии - 2008: материалы докл. науч. конф. - Курск, 2008. - С. 180-182.

152. Проценко Е.П., Косолапова Н.И., Сапронова С.Г., Алферова Е.Ю., Неведров Н.П. Экологические аспекты применения органических компостов из отходов на черноземных почвах. // Отходы, причины их образования и перспективы использования: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. экол. конф. 26–27 марта 2019 года /. – Краснодар: КубГАУ, 2019 – С. 599–601.

153. Седых В.А., Савич В.И., Вуколов Н.Г., Хусейн Х.А.Х., Гонзалес А. Изменение фосфатного состояния почв при применении высоких доз органических удобрений. // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2011. № 2. С. 10–15.

154. ПНД Ф 16.1:2.2:2.3.48-06 Методика выполнения измерений массовых концентраций цинк, кадмия, свинца, меди, марганца, мышьяка, ртути методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА Томск: ООО «НПП» Томьаналит», 2005. 49с.

155. Пивоваров И.С., Егорова Г.С. Влияние некорневой обработки стимуляторами роста на продуктивность зернового сорго на светло-каштановых почвах Волгоградской области / И.С. Пивоваров, Г.С. Егорова // Наука и молодежь: новые идеи и решения / Материалы VI Международной научно-практической конференции молодых исследователей, г. Волгоград,

май 2012г. Часть I. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012. – С. 165.

156. Попов А.И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование [Текст] / Под ред. Е.И. Ермакова. – СПб. Изд-во С-ПбГУ. – 2004. – 248с.

157. Попов А.И. Возможные механизмы действия гуминовых веществ при их попадании в растения. [Текст] // А.И. Попов. - Труды 4 всероссийской конференции – Гуминовые вещества в биосфере, Москва 19-21 декабря, 2007. – С. 509-514.

158. Производство и продажа биогумуса - Биогумус – Агродрим. [Электронный ресурс] - <http://agrodream.ru/products/biogumus>

159. Раковский В.Е. Сапропели: их образование и химическое использование / В.Е. Раковский // Тезисы 2-й республ.науч.конф. – Проблемы использования сапропеля в народном хозяйстве. – Минск, 1974 – С. 43-44.

160. Раковский В.Е. Химия и генезис торфа / В.Е. Раковский, Л.В. Пигулевская – М.: Недра, 1978. – 231с.

161. РД 52.18.286-91 Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли водорастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. – М.: Гидрометеиздат, 1991 – 14с.

162. Русеева З.М. Агроклиматические ресурсы Ростовской области //Гидрометеиздат. – Ленинград, 1972. – С. 340.

163. Савич В.И., Седых В.А., Белопухов С.Л., Измайлова С.А. Изучение гумата калия из птичьего помета / И.В. Савич, В.А. Седых, С.Л. Белопухов // Агрехимический вестник. - 2012. - № 4 – С. 21.

164. Савченко И.А. и др. Изучение общетоксического действия гуминовых веществ озерного сапропеля. Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2014. № 2. С. 75-78.

165. Садовникова Л.К., Якименко О.С., Богаченко Ю.Н., Эдешева Н.А. Гуминовые препараты – детоксиканты и регуляторы роста //

Материалы 2-й Международной научно-практической конференции «Дождевые черви и плодородие почв». – Владимир, 2004. – С. 253-254.

166. Седых В.А., Савич В.И., Вуколов Н.Г., Хусейн Х.А.Х., Гонзалес А. Изменение фосфатного состояния почв при применении высоких доз органических удобрений. // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2011. № 2. С. 10–15.

167. Сорока Т.А., Щукин В.Б., Каракулев В.В. Влияние микроэлементов, удобрения на основе гуминовых кислот и регуляторов роста на продуктивность посева и качество зерна озимой пшеницы. / Т.А. Сорока, В.Б. Щукин, В.В. Каракулев // Известия. – 2012. - №3 (35). – С. 51.

168. Сорокин К.Н. Обоснование технических параметров технологической линии по производству гуминовых удобрений из торфа: дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / Сорокин Константин Николаевич. – Москва, 2015. – 180 с.

169. Степанов А.А. Особенности строения амфифильных фракций гуминовых кислот чернозема южного // Почвоведение. – 2005. №8, – С. 955-959.

170. Степанова Е.А. Химические свойства и строение гуминовых кислот сапропелей: Автореф. дис. канд. биол. наук / Е.А. Степанова. М., 1996. -21 с.

171. Сухих А.С., Кузнецов П.В. Перспективы применения гуминовых и гуминоподобных кислот в медицине и фармации. Медицина в Кузбассе. 2009. № 1. С. 10-14.

172. Титов И.Н., Белик Е.В. Биопрепараты на основе вермикомпостов: получение, применение и перспективы. // В сб. «Проблемы и перспективы биологического земледелия». Рассвет, 2014, с.8-13.

173. Третьяков Н.Н. Основы агрономии: Учебник для начального проф. образования; Учебное пособие для среднего проф. образования/Н.Н. Третьяков, Б.А. Ягодин, А.М. Туликов и др.; Под ред. Н.Н. Третьякова. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 360с.

174. Тюрин И.В. Органическое вещество и его роль в почвообразовании и плодородии. – М. – Л., 1937. – 287с.

175. Федотов Г.Н. Наноструктурная организация почвенных гелей // Материалы докладов VI съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Книга 1. Петрозаводск, 2012. С. 79-80.

176. Филипченко С.В., Кравцов С.В. Эффективность комплексного жидкого органического гуминового удобрения Гумистим при возделывании яровых зерновых культур // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня основания РУП "Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию", 2017. – С. 109-112.

177. Хмелев В.Н. Многофункциональные звуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве / В.Н. Хмелев, О.В. Попова. – Барнаул: изд. АлтГТУ, 1997. – 160с.

178. Хмелев В.Н., Сливин А.Н., Барсуков Р.В., Цыганок С.Н., Шалунов А.В. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности. [Текст] /В.Н. Хмелев и др. Курс лекций. — Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та.- 2010. — 203с.

179. Христева Л.А. Природа непосредственного воздействия гуминовой кислоты на рост и развитие растений. // Доклады ВАСХНИЛ. – М., 1950. Вып. 11. – С. 10-16.

180. Христева Л.А. Роль гуминовой кислоты в питании растений и гуминовые удобрения. // Труды почвенного института им. Докучаева. – М.: Изд. АН СССР, 1951. – С.34-41.

181. Христева Л.А. Стимулирующее влияние гуминовой кислоты на рост высших растений и природа этого явления. // В кн.: Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Харьков. 1957, т.1. – с.75-94.

182. Христева Л.А. О природе действия физиологически активных форм гуминовых кислот и других стимуляторов роста растений /

Л.А. Христева // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. – Киев: БНУ, 1968. – С. 13.

183. Чимитдоржиева Г.Д., Андреева Д.Б., Корсунков В.М. Гуминовые кислоты низинного торфа и бурого угля / // Доклады академии наук, 2002. Том. 384. – № 6. – С. 135-137.

184. Шеуджен А.Х. Агрохимия / А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Н.С. Котляров // – Майкоп. 2006. -1075с.

185. Эндрюс Ю.Б. Применение органических и минеральных удобрений (на разных почвах и под разные культуры). Перевод с английского Т.Л. Чебановой Под редакцией и предисловием академика ВАСХНИЛ проф. Н.С. Соколова. – М.: Издательство иностранной литературы, 1959 г. – 402с.

186. Юрков С. Торфогель «торфуша» — эффективный катализатор роста и рекультиватор почв, - [Электронный ресурс] - [http://www.profermer.ru/zern\\_torf.html](http://www.profermer.ru/zern_torf.html)

187. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрохимия / Под редакцией Б.А. Ягодина.– М.: Колос, 2002.– 584 с.: ил (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений).

188. Якименко О.С. Химическая структура и свойства промышленных гуматов различного происхождения // Материалы Междунар.конф. «Гумінові речовини і фітогормони в сільському господарстві», 2010. Днепропетровск. – С. 48-50.

189. Ahard F. Chemische Untersuchung des Torfs // Grell's Chem. Ann. 1786, 2. – p. 391-403.

190. Benitez E., Sainz H., Nogales R. Hydrolytic enzyme activities of extracted humic substances during the vermicomposting of a lignocellulosic olive waste //Bioresource Technology. – 2005. – Т. 96. – №. 7. – С. 785-790.

191. Burlakovs J., Klavins M., Osinska L., Purmalis O. The Impact of Humic Substances as Remediation Agents to the Speciation Forms of Metals in Soil [Text] // - APCBEE Procedia 5 (2013). – P. 192 – 196.

192. Chefetz B. Purification and characterization of laccase from *Chaetomium thermophilum* and its role in humification // *Applied and Environmental Microbiology*. 1998. № 64(9). P. 3175-3179.

193. De Gannes V., Eudoxie G., Hickey W. J. Insights into fungal communities in composts revealed by 454-pyrosequencing: implications for human health and safety // *Frontiers in microbiology*. – 2013. – T. 4. – C. 164.

194. De Leeuw J.W. and Largeau C., 1993, A review of macromolecular organic compounds that comprise living organisms and their role in kerogen, coal, and petroleum formation, In *Organic Geochemistry, Principles and Applications*, M.H. Engel and S.A. Macko, eds., Plenum, New York, pp 23-72.

195. Evangelou Michael W.H., Daghan Hatice, Schaeffer A. The influence of humic acids on the phytoextraction of cadmium from soil [Text] // *Chemosphere* 57 (2004).-P. 207–213.

196. Flaig, W., Beutelspacher, H. and Rietz, E., 1975, Chemical composition and physical properties of humic substances, In *Soil Components*, Vol. I. J.E.Giesecking, ed., Springer Verlag, New York, pp. 1-211.

197. Ghosh, K., and Schnitzer, M., 1980, Macromolecular structure of humic substances. *Soil Sci.*,129:266- 276.

198. Hatcher, P. G., Maciel, G. E., and Dennis, L. W., 1981, Aliphatic structure of humic acids; a clue to their origin, *Org. Geochem.*, 3:43-45.

199. Holland A. E. et al. An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease // *European Respiratory Journal*. – 2014. – T. 44. – №. 6. – C. 1428-1446.

200. Kaschl A., Chen Y. Interactions of Humic Substances with Trace Metals and Their Stimulatory Effects on Plant Growth technology [Text] // *Use of Humic Substances to Remediate Polluted Environments: From Theory to Practice*. Springer Netherlands, 2005. - P. 83-113.

201. Li H. et al. The role of major functional groups: Multi-evidence from the binding experiments of heavy metals on natural fulvic acids extracted from

lake sediments // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2018. – T. 162. – С. 514-520.

202. Macalady D. L. and Ranville J. F., 1998, The chemistry and geochemistry of natural organic matter (NOM), In *Perspectives in Environmental Chemistry*, D.L. Macalady, ed., Oxford University Press, New York, pp. 94-137.

203. Malcolm R.L. Geochemistry of stream fulvic and humic substances // *Humic Substances in Soil, Sediment and Water: Geochemistry, Isolation and Characterization*. Eds. G.R. Aiken, D.M. McKnight, R.L. Wershaw and P. MacCarthy. Wiley-Interscience, New York, 1985. P. 181-209.

204. Malcolm R.L. The uniqueness of humic substances in each of soil, stream and marine environment // *Analytica Chimica Acta*. 1990. V. 232. №1. P. 19-30.

205. Mecozzi M. An ultrasound assisted extraction of the available humic substance from marine sediments / M. Mecozzi, M. Amici, E. Pietrantonio, G. Romanelli // *Ultrasonics Sonochemistry*. – 2002. – V. 9. – pp. 11-18

206. Milanovskiy E., Protsenko E., Tyugai Z., Bykova G., Kosolapova N., Protsenko A. Aggregate composition and the contact angle of the soil solid phase after incubation with peat gel. // *Сборник: Proceeding of the International Congress on "Soil Science in International Year of Soil" 19-23 October, 2015*. – С. 274-278.

207. Moreda-Piñeiro A. New trends involving the use of ultrasound energy for the extraction of humic substances from marine sediments / A. Moreda-Piñeiro, A. Bermejo-Barrera, P. Bermejo-Barrera // *Analytica Chimica Acta*. – 2004. – V. 524. – pp. 97-107

208. Nebbioso A. and Piccolo A. Basis of a Humeomics Science: Chemical Fractionation and Molecular Characterization of Humic Biosuprastructures. // *Biomacromolecules*, 2011, v. 12, 1187–1199.

209. Piccolo A., Conte P. Molecular size of humic substances: supramolecular associations versus macromolecular polymers - *Advances in Environmental Research*, 3 (4) 2000, p.508-521.

210. Ratasuk N., Nanny M. A. Characterization and quantification of reversible redox sites in humic substances // *Environmental Science & Technology*. – 2007. – T. 41. – №. 22. – C. 7844-7850.

211. Roden E. E. et al. Extracellular electron transfer through microbial reduction of solid-phase humic substances // *Nature geoscience*. – 2010. – T. 3. – №. 6. – C. 417-421.

212. Sánchez Ó.J., Ospina D.A., Montoya S. Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process // *Waste management*. – 2017. – T. 69. – C. 136-153.

213. Sánchez-Monedero M.A. et al. Relationships between water-soluble carbohydrate and phenol fractions and the humification indices of different organic wastes during composting // *Bioresource Technology*. – 1999. – T. 70. – №. 2. – C. 193-201.

214. Schnitzer M. The synthesis, chemical structure, reactions and functions of humic substances // *Humic Substances. Effect on soil and plants* / Eds.: R.G. Burns, G. Dell'Agnola, S. Miele, et al. Roma, 1986. P. 14-28.

215. Sebestova E., Machovic V., Pavlikova, H. Structural characterization and heavy metal sorption properties of coal derived humates [Text] // *The Role of Humic Substances in Ecosystems and in Environmental Protection*. Wroclaw, Poland PTSH, (1997) - P. 199-206.

216. Seyedbarheri Mir-M. A perspective on over a decade of on-farm research on the influence of humates products on crop production. In: *From Molecular Understanding to Innovative Applications of Humic Substances; Proceedings of the 14th International Meeting of the International Humic Substances Society, September 14-19, 2008, Moscow - Saint Petersburg, Russia*, Editors: I. V. Perminova, N. A. Kulikova, Vol. II, Humus Sapiens, Moscow, pp. 603-604.

217. Soler-Rovira P., Madejyn E., Madejyn P., Plaza C. In situ remediation of metal-contaminated soils with organic amendments: Role of humic acids in copper bioavailability // *Chemosphere* 79 (2010) 844–849.

218. Steinberg C., Muenster U. Geochemistry and ecological role of Humic Substances in lakewater // Humic Substances in Soil, Sediment and Water: Geochemistry, Isolation and Characterization. Eds. G.R. Aiken, D.M. McKnight, R.L. Wershaw and P. MacCarthy. New York: Wiley-Interscience, 1985. P. 105-145.

219. Stevenson F.J. "Humus chemistry: genesis, composition, reactions" (2nd edition). NY: John Wiley&Sons. 1994. P. 496.

220. Swift R. S. Molecular weight, size, shape, and charge characteristics of humic substances: Some basic considerations, In: Humic Substances II: In Search of Structure. M.H.B. Hayes, P. MacCarthy, R.L. Malcolm and R.S. Swift, eds., Wiley, Chichester, 1989, pp. 449-466.

221. Swift R.S., Spark K.M. Understanding and Managing Organic Matter in Soils, Sediments, and Waters // International Humic Substances Society, St. Paul, MN, USA, 2001.

222. Trevisan S., Francioso O., Quaggiotti S., Nardi S. Humic substances biological activity at the plant – soil interface From environmental aspects to molecular factors. *Plant Signaling & Behavior* 5:6, 635-643, June 2010.

223. Truman E.M. Humic substances in groundwater // Humic substances in Soil, Sediment, and Water^ Geochemistry, Isolation and Characterization / Eds. G.R. Aiken et al. New York: Wiley-Interscience, 1985, pp. 87-105.

224. Van Fan Y. Efficiency of microbial inoculation for a cleaner composting technology // *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2018. № 20(3). P. 517-527.

225. Vašková J. et al. Effects of humic acids in vitro // *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Animal*. – 2011. – T. 47. – №. 5-6. – C. 376-382.

226. Villar I. Evolution of microbial dynamics during the maturation phase of the composting of different types of waste // *Waste Management*. 2016. № 54. P. 83-92.

227. Wei Z. Effect of inoculating microbes in municipal solid waste composting on characteristics of humic acid // *Chemosphere*. 2007. № 68(2). P. 368-374.

228. Wershaw R. L. 1993, Model for humus, *Environ. Sci. Technol.*, 27:814-816.
229. Wolf K., Frahm H., Harms H. The State of Arrangement of Molecules in Liquids// *Z. Phys.Chem.* 1937. Abt. B 36. S. 237- 287.
230. Wu J., Zhao Y., Zhao W., Yang T., Zhang X., Xie X., Wei Z. // *Biores. Technol.* 2017. V. 226. P. 191–199.
231. Yi X. Y. et al. Coupling metabolisms of arsenic and iron with humic substances through microorganisms in paddy soil // *Journal of hazardous materials.* – 2019. – T. 373. – C. 591-599.

# ПРИЛОЖЕНИЯ



Рисунок 1– Физическая карта Ростовской области

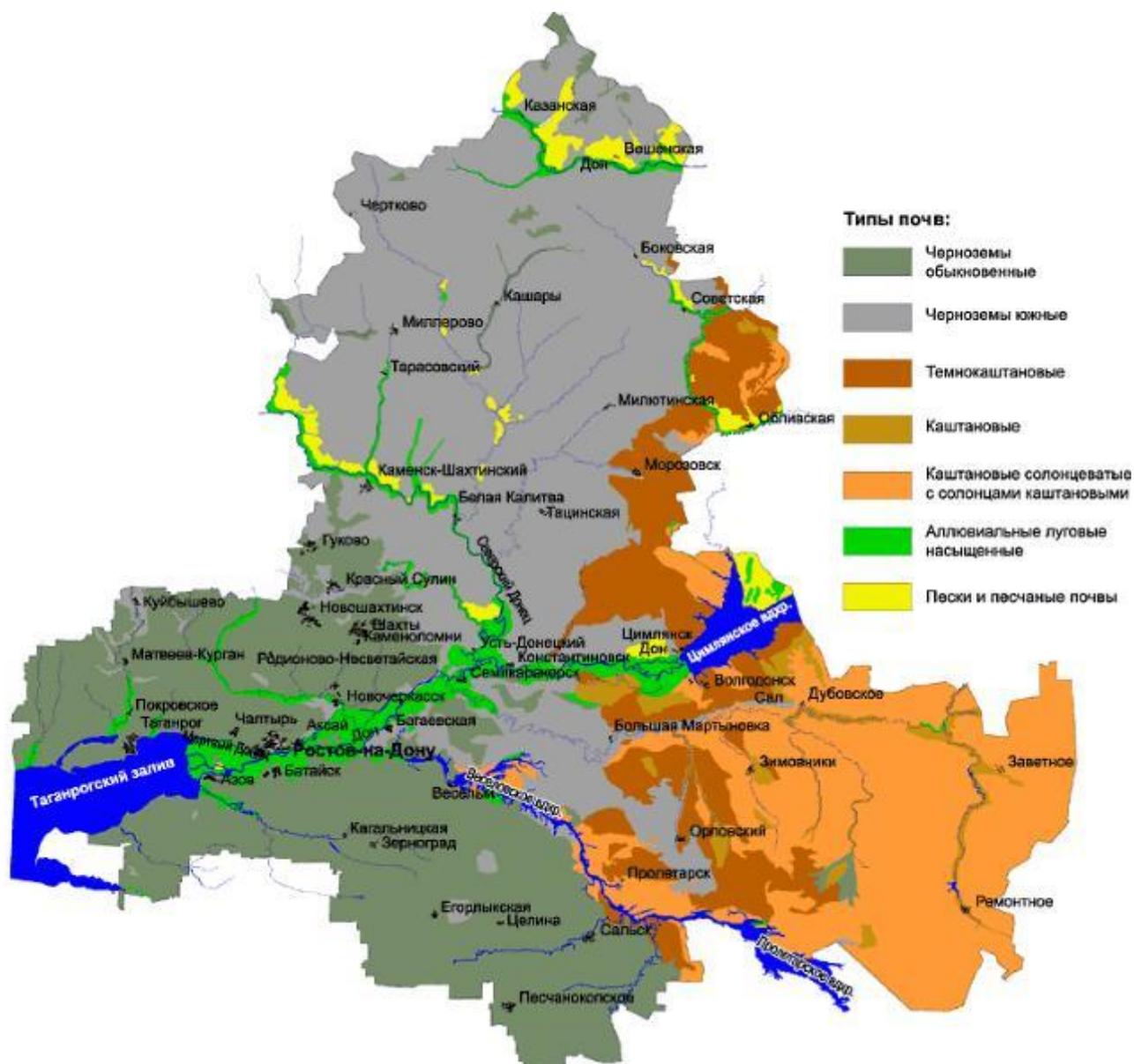


Рисунок 2– Типы почв в Ростовской области



**Рисунок 1** – Прорастание семян кукурузы на 6 сутки (слева - обработка препаратом «Cavita Bioscomplex», справа – контроль)



**Рисунок 2** – Прорастание семян белой фасоли на 6 сутки (слева контроль, справа - обработка препаратом «Cavita Bioscomplex»)



**Рисунок 3** – Прорастание семян кукурузы на 14 сутки (слева контроль, справа - обработка препаратом «Cavita Bioscomplex»)



**Рисунок 1** – Заправка емкости агрегата для внекорневого внесения рабочим раствором биопрепарата «Cavita Biosomplex»



**Рисунок 2** – Вторая внекорневая обработка посевов озимой пшеницы в фазу трубкования с использованием биопрепарата «Cavita Biosomplex»



**Рисунок 1** – Озимая пшеница сорта «Золушка» в фазе полной спелости



**Рисунок 2** – В настоящий момент осуществляется подготовка техники для сбора урожая озимой пшеницы



**Рисунок 3** – Уборка озимой пшеницы методом прямого комбайнирования



**Рисунок 4** – Разгрузка комбайнов для транспортировки урожая зерна пшеницы на зерноток